



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DE YANAHURCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Trabajo de titulación para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** GUANOLUISA DÍAZ VICTORIA KARINA

**TUTORA:** ING. MABEL PARADA

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2015**

©**2015**, Victoria Karina Guanoluisa Díaz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE DE YANAHURCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, de responsabilidad de la señorita Victoria Karina Guanoluisa Díaz, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Mabel Parada

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Mayra Zambrano

\_\_\_\_\_

**DOCUMENTALISTA**

**SISBIB ESPOCH**

\_\_\_\_\_

Yo, Victoria Karina Guanoluisa Díaz soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

VICTORIA KARINA GUANOLUISA DÍAZ

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de titulación dedico a mis padres porque han sido los pilares fundamentales de mi vida, por su cariño, por sus consejos y por siempre estar a mi lado.

A mis hermanas por ser mis compañeras de lucha, ser mis mejores y únicas amigas.

A mi abuelita Lucila por ser tan cariñosa y siempre estar al pendiente de nosotras

A mi abuelito Carlitos por cuidarnos desde el cielo

A mis tíos por siempre apoyarme y confiar en mí

**Karina**

## AGRADECIMIENTO

Decir gracias a veces no es suficiente pero al menos expresa la gratitud a esas personas que fueron importantes en este largo caminar.

Primero tengo que agradecer infinitamente a Dios y a la Virgencita que han estado siempre a mi lado especialmente en los momentos más difíciles.

A mi papito que siempre ha estado apoyándome día tras día con sus ocurrencias y dándome valor diciendo “Tu si puedes eres muy inteligente” gracias por todas las enseñanzas papito.

A mí me mejor amiga, compañera de incansables luchas y desvelos mamita, a ti te debo todo lo que soy y lo que voy a ser, muchísimas gracias por estar a mi lado acompañándome día a día sin esperar nada a cambio, por estar conmigo en esas noches donde parecía que nunca iba amanecer gracias mami.

A mi abuelita Lucila que ha sido mi segunda madre y mi abuelito Carlitos que está en el cielo

A mi tío Carlitos que a veces ha tomado el papel de un padre.

Y como olvidar a mis hermanas Karla y Vanessa, a mis amigas mis cómplices, gracias por confiar en mí y tener paciencia.

A mis tíos Mario, Marcos, Teresa, Isabel, Julia, Patricia, Marcelo, Ximena y Santiago que han sido un escudo para nosotras.

A mis tíos políticos especialmente a mi tío Gustavo García que siempre estuvo con nosotras apoyando.

A mis compañeros de infancia y de juego gracias primos por dar siempre alegría especialmente mis primo Matheito que es el angelito de mí familia.

A mis profesoras Ing. Mabel Parada e Ing. Mayra Zambrano por ser mi guía y brindarme sus conocimientos y ayuda en el más importante proyecto.

A los administradores de la Junta Regional Yanahurco a Don Juanito y a Don Manuelito por abrirme las puertas de su institución.

A mi amigos Pablo, Leito y Byron por brindarme una amistad larga y duradera.

A mis amigos de universidad por enseñarme que la amistad no solo está en las aulas de clases si no también afuera de ellas.

## TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACION.....	iii
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO I

1	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>5</b>
1.1	Agua Potable.....	5
1.2	Importancia de Agua Potable.....	5
1.3	Fuentes de Agua.....	6
1.3.1	Aguas subterráneas .....	6
1.3.2	Aguas superficiales .....	7
1.4	Criterios de Calidad del Agua.....	8
1.4.1	Caracterización del Agua.....	9
1.4.1.1	Análisis físico del agua .....	9
1.4.1.1.1	Los sabores y olores.....	9
1.4.1.1.2	Turbiedad: .....	10
1.4.1.1.3	Color: .....	10
1.4.1.1.4	Olor y sabor: .....	10
1.4.1.1.5	Turbidez: .....	10
1.4.1.1.6	Temperatura: .....	11
1.4.1.1.7	Conductancia Específica: .....	11
1.4.1.1.8	Sólidos totales: .....	11

1.4.1.1.9	Sólidos disueltos: .....	12
1.4.1.1.10	Sólidos en suspensión: .....	12
1.4.1.2	Análisis químico del agua .....	12
1.4.1.2.1	Potencial hidrógeno, pH: .....	13
1.4.1.2.2	Alcalinidad: .....	13
1.4.1.2.3	Dureza: .....	13
1.4.1.2.4	Hierro y Manganeseo: .....	13
1.4.1.2.5	Sulfatos: .....	13
1.4.1.2.6	Nitratos: .....	13
1.4.1.2.7	Fosfatos: .....	13
1.4.1.2.8	Aluminio: .....	14
1.4.1.2.9	Amoníaco: .....	15
1.4.1.2.10	Cloruro: .....	15
1.4.1.2.11	Cloro: .....	15
1.4.1.2.12	Dureza: .....	15
1.4.1.2.13	Hierro: .....	16
1.4.1.2.14	Sulfatos: .....	16
1.4.1.2.15	Análisis microbiológico del agua .....	17
1.4.1.2.16	Coliformes: .....	17
1.4.2	Procesos de tratamiento del agua .....	18
1.4.2.1	Captación .....	18
1.4.2.2	Conducción .....	19
1.4.2.3	Pre sedimentación .....	19
1.4.2.4	Mezcla Rápida .....	19
1.4.2.5	Floculación .....	19
1.4.2.6	Sedimentación .....	21
1.4.2.7	Filtración .....	23
1.4.2.8	Desinfección .....	25
1.4.2.8.1	Condiciones para una buena desinfección en la planta de tratamientos .....	28
1.4.2.9	Tipos de plantas de purificación .....	28
1.4.2.10	Coagulación Química del agua .....	30
1.4.2.10.1	Coagulantes .....	31
1.4.2.10.1.1	Coagulantes Metálicos .....	32
1.4.2.10.1.2	Coagulación con Sales de Hierro .....	32
1.4.2.10.1.3	Policloruro de Aluminio .....	32
1.4.2.10.1.4	pH óptimo para Coagulación .....	33



1.4.2.10.1.5	Floculación .....	33
1.4.2.10.1.6	Parámetros Operacionales.....	34
1.4.2.10.1.7	Factores que influyen en la floculación .....	34
1.4.2.10.1.8	Naturaleza del agua.....	34
1.4.2.10.2	Influencia de tiempo de floculación.....	34
1.4.2.10.2.1	Compartimentalización .....	34
1.4.2.11	Influencia de Gradiente de Velocidad.....	35
1.4.2.11.1.1	Influencia de la variación del caudal.....	36
1.4.3	Tanques de almacenamiento .....	36
1.4.4	Ensayo de Jarras.....	38
1.4.4.1	Optimización.....	39

## **CAPITULO II**

2	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>41</b>
2.1	Localización.....	41
2.2	Determinación del estado actual de la planta.....	43
2.3	Muestreo .....	44
2.3.1	Área de muestreo .....	44
2.3.2	Técnicas de Recolección de Información .....	44
2.3.3	Transporte y Manipulación de Muestras.....	45
2.4	Métodos .....	45
2.5	Equipos Materiales y Reactivos .....	48
2.6	Datos experimentales .....	48
2.6.1	Caracterización del Agua.....	48
2.6.2	Prueba de tratabilidad .....	51
2.6.3	Caracterización del Agua después del tratamiento propuesto.....	53

## **CAPITULO III**

3	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
3.1	Cálculos de Ingeniería.....	55
3.1.1	Cálculo de la población futura .....	55
3.1.2	Cálculo de la Dotación Básica .....	55
3.1.3	Dotación Futura .....	56
3.1.4	Cálculo del Consumo Medio Diario (cmd).....	56
3.1.5	Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD) .....	57

3.1.6	Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH) .....	57
3.2	Cálculo del Caudal de Diseño .....	58
3.2.1	Cálculo del Caudal de Captación .....	58
3.2.2	Cálculo de Caudal de la Planta de Tratamiento .....	58
3.3	Consideraciones de Diseño .....	59
3.3.1	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento .....	59
3.3.1.1	Cálculo del volumen del tanque .....	59
3.3.1.2	Cálculo del área del tanque .....	59
3.3.1.3	Determinación del Agente Coagulante .....	59
3.3.1.4	Cálculo de la Cantidad Requerida de PAC .....	60
3.3.1.5	Caudal de Dosificación PAC .....	60
3.3.1.6	Cálculo de la Cantidad Requerida de elevador de pH.....	60
3.3.1.7	Dosificación de PAC.....	61
3.3.1.8	Dosificación de Elevador de pH .....	61
3.4	Resultados .....	61
3.4.1	Resultados de la caracterización del agua .....	62
3.4.2	Resultados de las pruebas de tratabilidad .....	66
3.4.3	Resultados del tratamiento propuesto .....	67
3.5	Propuesta.....	68
3.5.1	Resultados del diseño del tanque .....	69
3.6	Análisis de costos.....	70
3.6.1	Costos de Dosificación .....	70
3.6.2	Costos de construcción del tanque .....	71
3.7	Análisis y discusión de resultados .....	72
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 - 1</b>	Calidad Microbiológica del Agua.....	17
<b>Tabla 2 - 1</b>	Tipos de Filtros.....	25
<b>Tabla 1 - 2</b>	Cantones donde se distribuye el Agua.....	41
<b>Tabla 2 - 2</b>	Coordenadas de la Fuente.....	42
<b>Tabla 3 - 2</b>	Coordenadas de la Planta de Tratamientos.....	42
<b>Tabla 4 - 2</b>	Recolección de Muestras.....	45
<b>Tabla 5 - 2</b>	Límites Permisibles.....	46
<b>Tabla 6 - 2</b>	Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales.....	47
<b>Tabla 7 - 2</b>	Equipos, Materiales y Reactivos.....	48
<b>Tabla 8 - 2</b>	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de Vertiente del Carihuayrazo.....	49
<b>Tabla 9 - 2</b>	Análisis Físico-Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Lluviosos).....	49
<b>Tabla 10 - 2</b>	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Soleados).....	50
<b>Tabla 11 - 2</b>	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos).....	50
<b>Tabla 12 - 2</b>	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Soleados).....	51
<b>Tabla 13 - 2</b>	Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Primer Ensayo).....	51
<b>Tabla 14 - 2</b>	Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Segundo Ensayo).....	52
<b>Tabla 15 - 2</b>	Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Tercer Ensayo).....	52
<b>Tabla 16 - 2</b>	Prueba De Jarras con Policloruro de Aluminio 1%.....	52
<b>Tabla 17 - 2</b>	Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1% y Elevador de pH 10%.....	52
<b>Tabla 18 - 2</b>	Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1% y Elevador de pH 10%.....	52
<b>Tabla 19 - 2</b>	Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1%, Elevador de pH 10% y Filtración.....	53
<b>Tabla 20 - 2</b>	Caracterización físico química antes y después del tratamiento propuesto.....	53
<b>Tabla 21 - 2</b>	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de la red de distribución con el Tratamiento Propuesto.....	54
<b>Tabla 1 - 3</b>	Resultados Agua de Vertiente.....	62
<b>Tabla 2 - 3</b>	Resultados Agua Cruda .....	63
<b>Tabla 3 - 3</b>	Resultados Agua Potable con el Tratamiento Actual .....	65
<b>Tabla 4 - 3</b>	Resultados PAC AL 1% Y 0,05 ml de Elevador de pH.....	66
<b>Tabla 5 - 3</b>	Resultados Tratamiento Propuesto.....	67
<b>Tabla 6 - 3</b>	Resultados de optimización.....	69

<b>Tabla 7 - 3</b>	Costos de Dosificación.....	70
<b>Tabla 8 - 3</b>	Ahorro del Tratamiento .....	70
<b>Tabla 9 - 3</b>	Costos de tanque.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 – 1</b>	Floculador en la Planta de Tratamiento .....	20
<b>Figura 2 - 1</b>	Tanque de Floculación Planta de Tratamientos.....	21
<b>Figura 3 - 1</b>	Sedimentador de la Planta de Tratamientos.....	21
<b>Figura 4 - 1</b>	Sedimentador.....	23
<b>Figura 5 - 1</b>	Sedimentador de la Planta de Tratamientos.....	23
<b>Figura 6 – 1</b>	Filtro de la Planta de Tratamiento.....	24
<b>Figura 7 – 1</b>	Filtros de la Planta de tratamiento por dentro.....	25
<b>Figura 8 - 1</b>	Cloración a Gas de la Planta de Tratamiento.....	28
<b>Figura 9 - 1</b>	Planta de Tratamientos.....	29
<b>Figura 10 -1</b>	Planta de Tratamiento de JAAPARY.....	29
<b>Figura 11 -1</b>	Planta de Tratamientos Actual.....	30
<b>Figura 1 – 2</b>	Mapa de la Vertiente Carihuayrazo.....	42
<b>Figura 2 - 2</b>	Planta de Tratamiento Mapa.....	43
<b>Figura 3 – 2</b>	Estado actual de la PT.....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - 3</b>	Agua de Vertiente Análisis Físico Químico .....	62
<b>Gráfico 2 - 3</b>	Agua de Vertiente Análisis Microbiológico.....	63
<b>Gráfico 3 - 3</b>	Días Lluviosos vs Días Soleados Análisis Físico – Químico.....	64
<b>Gráfico 4 – 3</b>	Días Lluviosos vs Días Soleados Análisis Microbiológico.....	64
<b>Gráfico 5 - 3</b>	Agua Potable Días Lluviosos vs Días Soleados.....	65
<b>Gráfico 6 - 3</b>	Prueba de Jarras.....	66
<b>Gráfico 7 - 3</b>	Tratamiento Propuesto.....	67

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b>	Cálculo de la Población Futura.....	55
<b>Ecuación 2</b>	Cálculo de la Dotación Básica.....	55
<b>Ecuación 3</b>	Dotación Futura.....	56
<b>Ecuación 4</b>	Cálculo del Consumo Medio Diario.....	56
<b>Ecuación 5</b>	Cálculo de Consumo Máximo Diario.....	57
<b>Ecuación 6</b>	Cálculo del Consumo Máximo Horario .....	57
<b>Ecuación 7</b>	Cálculo de Captación.....	58
<b>Ecuación 8</b>	Cálculo de caudal de la PT .....	58
<b>Ecuación 9.</b>	Cálculo de volumen del Tanque .....	59
<b>Ecuación 10</b>	Cálculo del área del tanque .....	59
<b>Ecuación 11</b>	Cálculo de la Cantidad Requerida de PAC.....	60
<b>Ecuación 12</b>	Caudal de Dosificación PAC.....	60
<b>Ecuación 13</b>	Cálculo de la Cantidad Requerida de elevador de pH.....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

- A.** Primer análisis Físico – Químico
- B.** Análisis Físico – Químico de la vertiente
- C.** Análisis Físico – Químico agua cruda
- D.** Análisis Físico – Químico agua potable
- E.** Análisis Físico – Químico con el Tratamiento Propuesto
- F.** Primer análisis microbiológico
- G.** Análisis microbiológico agua cruda
- H.** Análisis microbiológico agua potable
- I.** Plano del Tanque de Almacenamiento
- J.** NORMA INEN 1108: 2014
- K.** Fotos de la entrada del agua
- L.** Fotos de la Planta de Tratamiento



## ABREVIATURAS

<b>JAAPARY:</b>	Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco
<b>INEN:</b>	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>TULSMA:</b>	Tratado Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental
<b>NTU:</b>	Unidad de Medición para la Turbidez
<b>PAC:</b>	Policloruro de Aluminio
<b>SS:</b>	Sólidos en Suspensión
<b>mg/l:</b>	Miligramos por litro
<b>E. Coli:</b>	Echericha Coli
<b>pH:</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>(OCI-):</b>	Ion hipoclorito
<b>(HOCl):</b>	Ácido hipocloroso
<b>Nc:</b>	Número de Campo
<b>rpm:</b>	Revoluciones Por Minuto
<b>LMP:</b>	Límite Máximo Permisible
<b>G:</b>	Gradiente de Velocidad
<b>PAC:</b>	Policloruro de Aluminio
<b>Nt:</b>	Población futura
<b>DB:</b>	Dotación Básica
<b>Vac:</b>	Volumen de Agua Consumida
<b>Tus:</b>	Total de Usuarios servidos
<b>DF:</b>	Dotación Futura
<b>FM:</b>	Factor de Mayorización
<b>DB:</b>	Dotación Básica:
<b>Cmd:</b>	Consumo Medio Diario
<b>q:</b>	Dotación Percápita Máxima
<b>CMD:</b>	Consumo Máximo Diario
<b>k:</b>	Coeficiente de Variación diaria
<b>K2:</b>	Coeficiente de Variación Horaria
<b>Q:</b>	Caudal
<b>PTAP:</b>	Planta de Tratamiento de Agua Potable
<b>PT:</b>	Planta de tratamiento

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue optimizar la Planta de Tratamiento de la Junta Regional Yanahurco, provincia de Tungurahua. Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda y agua potable utilizando un muestreo sistemático y muestras compuestas, donde se comprobó que el agua potable después del tratamiento tiene dos parámetros fuera de la norma NTE INEN 1108:2014 que son el pH y turbidez, especialmente en días lluviosos, porque en días soleados el agua potable no posee ningún parámetro fuera de norma, para tener mayor seguridad en los Límites Máximos Permisibles (LMP) se comparó con el Tratado Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental (TULSMA) y las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se realizaron las pruebas de tratabilidad con diferentes químicos, Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio. Con el Sulfato de Aluminio la turbiedad del agua se elevó, en cambio que con el Policloruro de Aluminio más un Elevador de pH el agua potable se ubicó dentro de todos los Límites Máximo Permisibles. Se propuso que la Planta de Tratamientos de Yanahurco use una dosificación de un saco y medio, de 25 kg de Policloruro de Aluminio y 9,5 kg de Elevador de pH cada doce horas, además la incorporación de un nuevo tanque de almacenamiento para el agua cruda con un área de 12 m<sup>2</sup> y una altura de 3m, debido al desperdicio de caudal que existe desde su captación. Se concluye que se optimizó la Planta de Tratamientos de Yanahurco, provincia de Tungurahua mejorando la calidad del agua en los parámetros de pH y turbidez y disminuyendo los costos de operación. Se recomienda utilizar la nueva dosificación y construir el nuevo tanque de almacenamiento para que no exista desperdicio de agua y aumente el caudal de operación.

### Palabras claves:

<OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO> <AGUA POTABLE>  
<YANAHURCO [Parroquia]> <TUNGURAHUA [Provincia]> <POLICLORURO DE ALUMINIO> <ELEVADOR DE PH> <NORMA NTE INEN 1108:2014> <QUIMICA>

## ABSTRACT

The research objective was to optimize the treatment plant of the Junta Regional Yanahurco, Tungurahua province. The physical – chemical characterization and microbiological of raw water and drinking water using a systematic sampling and composite simple, where it was found that the drinking water after the treatment has two parameters outside of the norm NTE INEN 1108:2014 which are the pH and turbidity, especially on rainy days, because on a sunny day the drinking water has no parameter out of norm to have greater security in the Maximum Permissible Limits (MLP) was compared with the Consolidated Treaty Secondary Legislation Environmental (CTSLE) and guides for the World Health Organization (WHO). The test were conducted of treatability studies with different chemicals. Aluminum sulphate, Aluminum Polychloride. With aluminum sulphate turbidity of the water rose, in contrast with the aluminum polychloride more an elevator of pH the drinking water is ranked within all the Maximum Permissible Limits. It was suggested that the treatment plant of Yanahurco use a dosage of one sack and half of 25 kg of aluminum polychloride and 9,5 kg of elevator pH every twelve hours, in addition, the incorporation of the new storage tank to the raw with an area with an area of 12 m<sup>2</sup> and height of 3 m, due to the waste of flow that exists from its collection. It concluded that optimized the treatment plant of Yanahurco, in the province of Tungurahua improve the water quality in the parameters of pH and turbidity decreasing operating costs. It is recommended that to use the new dosage and build the new storage tank to avoid the waste of water and increase the flow of operation.

### Key Words:

<OPTIMIZACION OF THE TREATMENT PLANT> <DRINKING WATER>  
<YANAHURCO [Parish]> <TUNGURAHUA [Province]> <POLYCHLORIDE OF ALUMINUM> <ELEVATOR OF PH> <NORM NTE INEN 1108:2014> <CHEMISTRY>

## **INTRODUCCIÓN**

La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Son factores de riesgo los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica. La experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivos que abarcan desde tratamientos simples hasta tratamientos más complejos de agua potable.

La OMS elabora normas internacionales relativas a la calidad del agua y la salud de las personas en forma de guías en las que se basan reglamentos y normas de países de todo el mundo, debido a que los programas de las OMS pretenden llegar a todos los hogares.

Como consecuencia del incontrolable crecimiento poblacional a nivel mundial la necesidad del agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local.

Se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria son superiores al costo de las intervenciones.

Dicha afirmación es válida para diversos tipos de inversiones, desde las grandes infraestructuras de abastecimiento de agua al tratamiento del agua en los hogares. La experiencia ha demostrado asimismo que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales como urbanas.

Los Gobiernos Municipales juegan un rol fundamental en el abastecimiento de servicios de calidad de agua potable y saneamiento. Si todos los hogares tuvieran acceso a estos servicios, lograríamos disminuir los problemas de salud de la población por necesidades básicas insatisfechas.

En algunas regiones de nuestro país, como en la provincia de Tungurahua se ha podido constatar que el servicio de agua potable en la mitad de los centros urbanos es intermitente, la presión de agua está muy por debajo de la norma, especialmente en barrios marginales, en un 30% de los centros urbanos no cuentan con un tratamiento de potabilización de las aguas superficiales, y un 92% de las aguas servidas se descargan sin ningún tratamiento.

En las zonas rurales, según un estudio de sostenibilidad realizado en 2004, 38% de los sistemas han colapsados y 20% son con deterioro grave, 29% tienen deterioro leve y solamente 13% son considerados sostenibles.

Teniendo una mejor apreciación sobre la necesidad de la calidad del agua potable, en la provincia de Tungurahua, y específicamente en la planta de tratamientos de Yanahurco se verificó a través de análisis físicos-químicos y microbiológicos que existen parámetros fuera de norma como: turbidez, color, pH, coliformes totales y coliformes fecales, por tanto el tratamiento que se da en la actualidad no es el óptimo.

Para brindar una adecuada solución a este problema se realizó una: “Optimización de la Planta de Tratamientos de Agua Potable de Yanahurco, provincia de Tungurahua”, proyecto que tiene como respaldo a la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco

Por lo anteriormente mencionado la presente investigación busca analizar y proponer una alternativa para el mejoramiento del estado actual de la planta, por lo que es indispensable una optimización de la planta, especialmente en las dosificaciones de químicos ya que la planta no posee un manual de procedimientos para dosificar adecuadamente.

Con la optimización de la planta y la dosificación adecuada podremos tener una mejor calidad de agua potable especialmente mejorando los parámetros de color, turbidez y pH, que se encuentran actualmente fuera de norma (Ver Anexo A), de tal manera que el agua tratada adecuadamente se distribuirá a la población de los cantones Mocha, Tisaleo, Cevallos y parte de Ambato que aproximadamente serán beneficiados 20000 habitantes.

El estudio se basó la norma INEN 1108-2014 para agua potable a más de las políticas como Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco.

En la actualidad el gobierno del Ecuador presenta el Plan de Manejo del Buen Vivir, donde se pone hincapié especial en el agua potable, es decir el Gobierno desea que cada uno de los pobladores tenga agua limpia y de calidad, para esto se ha establecido un rubro muy importante, para todas la personas y entidades que trabajen para mejorar el agua.

Según el INEC en la provincia del Tungurahua en las zonas rurales el 65,61% utilizan la red pública de agua potable, un 65,76% beben el agua sin hervir (tal y como llega de la red). En los cantones de Ambato, Cevallos, Mocha y Tisaleo utilizan la red pública el 64,45%, 78,19%, 85,27% y 76,78% de habitantes respectivamente y beben el agua tal y como llega al hogar: Ambato el 64,45%, Cevallos el 78,19%, Mocha el 85,27% y Tisaleo el 76,78% de habitantes.

También se ha establecido que por información de los sub centros de salud ubicados en Yanahurco y Alobamba pertenecientes a los cantones de Cevallos y Tisaleo, que existe aproximadamente un 87% de parasitosis en la población por lo que se presume que una parte del problema se debe a la mala calidad de agua potable.

Con todos estos antecedentes la presente investigación “Optimización de la Planta de Tratamientos de Agua Potable de Yanahurco, provincia de Tungurahua”, brindará una solución adecuada a este problema, el trabajo de titulación tiene un respaldo por parte de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Optimizar la planta de tratamiento de Agua Potable de Yanahurco, Provincia de Tungurahua.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado actual del agua potable en la planta de tratamientos de Yanahurco.
- Realizar la caracterización físico – química y microbiológica del agua potable de la planta de tratamientos de Yanahurco en base a la norma INEN NTE 1108: 2014 y legislación vigente.
- Establecer alternativas de tratabilidad más adecuado para el funcionamiento de la planta de agua potable.
- Caracterizar al agua posterior al tratamiento mediante análisis físico – química y microbiológica.

## **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Siendo el agua uno de los recursos más necesario para la subsistencia del ser humano, y consciente de la importancia de la inocuidad del mismo, la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado regional Yanahurco encargado del desarrollo de potabilización, la misma que se encuentra a cargo del Ing. Juan Espinoza, Presidente de la Junta Administradora, tiene el compromiso de velar por el desarrollo de los pobladores.

La planta de tratamiento cuenta con un sistema de agua entubada la misma que proviene de los deshielos del Carihuaryzado , el sistema de tratamiento de agua potable funciona desde 2007, el mismo que ha sido remodelado últimamente, gracias al estudio que realizo “QUIMICALZEN”, mismo que implemento y adecuo la planta de tratamientos.

La misma que cuenta con: filtración, sedimentador, aireación y cloración en la actualidad presenta diversos problemas en las operaciones de potabilización, desmejorando así la calidad del agua, está planta se encarga de distribuir el agua al cantón Mocha, Tisaleo, Cevallos y una parte de Ambato, teniendo un caudal de alrededor de 43 l/s.

Los diferentes descontentos y molestias de los usuarios por la calidad del agua, además de la preocupación de la Junta Administradora, ha visto la necesidad de dar solución a estos inconvenientes.

Siendo uno de los principales problemas los parámetros fuera de norma como: color, pH y turbiedad que en época de invierno sobrepasa la norma, y también la presencia de amonios, coliformes fecales y totales que al compararlos con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108-2014.

Los valores presentes no son los adecuados, por esta razón se dará alternativas para optimizar el tratamiento de agua potable existente con una dosificación adecuada y una proyección a futuro de la creación de un tanque de almacenamiento de agua cruda ya que el caudal aumentará a 63 l/S.

## **CAPITULO I**

### **1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **1.1 Agua Potable**

Se denomina agua potable al agua “bebible” en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo según normas de calidad promulgadas por autoridades locales e internacionales

#### **1.2 Importancia de Agua Potable**

El agua potable es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. Es indispensable para la vida.

Es el líquido más importante que existe en la naturaleza sin el ningún organismo viviente podría subsistir. Se conoce que el planeta tierra tiene alrededor de 70% de agua salada y ni es apta para el consumo humano ni para los animales.

El agua que es apta para su consumo se la conoce como aguadulce pero es bastante escasa, apenas el 30% del agua de la tierra es potable, y la mayor parte se encuentra en forma de hielo en los polos terrestres. A partir de estos datos, es fácil darse cuenta de la importancia que tiene el agua potable en la vida y en los organismos de los seres vivos de este planeta.

La calidad de vida de las personas va depender de la suficiente disponibilidad de los recursos que tengan hacia los bienes necesarios para asegurar su supervivencia. El agua potable, es un recurso de mucha importancia para impedir y disminuir la proliferación de enfermedades relacionadas con la falta de saneamiento y la salud.

La importancia que se le ha dado a la calidad del agua ha permitido evidenciar diferentes factores que causan la contaminación del agua entre ellos tenemos; agentes patógenos desechos que requieren



oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radiactivas y el calor.

Se conoce que más de mil millones de personas no disponen o no tienen acceso al agua potable y que más de 25 mil personas en todo el mundo fallecen por no disponer del agua potable para su consumo. Es importante conservar limpia y adecuada el agua potable, cada vez se dan más casos de contaminación. Se hace por tanto urgente el cuidado del agua potable.

### **1.3 Fuentes de Agua**

La calidad y la cantidad del agua procedente de aguas superficiales y subterráneas, las dos fuentes principales, experimentan la influencia de la geografía, el clima y las actividades humanas. Las aguas subterráneas normalmente se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento.

El agua superficial por otra parte, suele necesitar tratamientos extensos, en especial si está contaminada. En las regiones áridas del mundo la falta de aguas subterráneas o superficiales puede hacer necesaria la desalinización del agua de mar y la recuperación de aguas residuales tratadas. Estos tratamientos son costosos, pero se produce agua de calidad adecuada para cualquier propósito.

#### ***1.3.1 Aguas subterráneas***

Son aquellas que se han filtrados desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo. Las formaciones de suelo y roca que se han saturado de líquido se conocen como depósitos por medio de pozos. El tamaño de los poros del suelo, la viscosidad del agua y otros factores se combinan para limitar la velocidad a la cual el agua se mueve a través del suelo para rellenar el pozo. Esta velocidad puede variar desde 1m/día hasta 1m/ año.

Un depósito de aguas subterráneas sólo puede soportar una rapidez de extracción de la misma magnitud que la del suministro que recibe de manera continua por infiltración. Una vez que este flujo se excede, el nivel freático comienza a bajar, con lo cual los pozos existentes se secan y se requiere una costosa perforación para localizar nuevos pozos.

Existe una preocupación creciente de que grandes extensiones de granjas productivas pierdan agua de irrigación a medida que los pozos se secan. Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de superficie, aunque, una vez contaminada, su restauración aun si es posible es difícil y de largo plazo. Casi todos los organismos patógenos y muchas sustancias indeseables se eliminan por la actividad filtrante de las partículas del suelo.

Ésta es la razón por la cual los municipios, incluso los que están situados cerca de las aguas superficiales, prefieren los pozos para el basto de agua. Se necesita muchos menos tratamientos y, por ende, menos gastos, para llevarlas aguas subterráneas al nivel del agua potable.

El agua de pozo, aunque en cantidad limitada, es por lo general de calidad uniforme y carece de turbidez, aunque puede requerir un ablandamiento. La calidad de las aguas subterráneas es de difícil acceso cuando se está utilizando un gran número de pozos.

### ***1.3.2 Aguas superficiales***

Las aguas superficiales de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una desventaja de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación de todo tipo.

Los contaminantes llegan a los lagos y ríos desde diversas e intermitentes, como residuos industriales y municipales, drenajes de áreas urbanas y agrícolas y erosión de los suelos. El agua de turbidez variante y una diversidad de sustancias que contribuyen al sabor, olor y color del agua pueden hacer necesario un tratamiento extenso.

El uso directo de agua lluvia es una fuente limitada aunque importante de agua en pocas áreas que están lejos de las fuentes de agua dulce pero que reciben precipitación pluvial con regularidad.

(NORDEL, E. 1979.,Pp: 247-427)

#### **1.4 Criterios de Calidad del Agua**

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal; en la práctica, llamamos agua a las soluciones y suspensiones acuosas de sustancias orgánicas e inorgánicas como las que constituyen la lluvia, el mar, los lagos y los ríos.

El agua pura no existe en la naturaleza. El agua lluvia recoge impurezas mientras pasa a través del aire. Los ríos y las quebradas recogen impurezas provenientes del suelo y de la descarga de aguas residuales domésticas e industriales, transportándolas a los lagos, embalses y mares.

Existe menos posibilidad de polución en las aguas superiores de un río, donde la población es escasa, pero en ningún caso puede considerarse un agua superficial carente de contaminación, a pesar que la purificación natural ocurre en todo cuerpo de agua gracias a la sedimentación y muerte de las bacterias patógenas.

El agua subterránea puede contener cantidades variables de materia disuelta proveniente de los estratos a través de los cuales pasa. Por otra parte, las impurezas suspendidas que adquiere como agua superficial son removidas por filtración al pasar a través del suelo; por eso, en general las aguas de pozo son claras.

Las impurezas en el agua pueden encontrarse en solución o en suspensión. La materia suspendida debe removerse, al igual que toda sustancia disuelta que se halle en exceso o que haga el agua inadecuada para su uso.

El tipo de polución que puede ocurrir en el agua y las medidas que deben tomarse para prevenirla o removerla varían con la fuente de donde proviene el agua. Aguas puras, en el sentido estricto de la palabra, no existen en la naturaleza; por consiguiente, se usa el concepto de agua segura y de agua potable.

El agua segura es aquella cuyo consumo no implica ningún riesgo para la salud del consumidor, mientras que el agua potable es aquella que además de ser segura es satisfactoria desde el punto de vista físico, químico y biológico, es decir, atractiva para su consumo como bebida.

Debe tomarse en cuenta que el concepto de agua segura tiene un valor relativo y no absoluto, esto es, que de acuerdo con la técnica y métodos disponibles se puede afirmar que un agua segura cuando no existe evidencia de riesgo para la salud del consumidor.

La salud y el aspecto son los principales motivos para el tratamiento del agua. Una variedad de desarrollo en el campo de la calidad del agua desde los años setenta y una creciente comprensión de los efectos sobre la salud han creado un desarrollo en alza en el campo de tratamiento.

Con la identificación en el agua de bajos niveles, de compuestos orgánicos potencialmente dañinos, el agua libre de Coliformes y de baja turbidez ya no es suficiente. Las nuevas informaciones relativas a los contaminantes inorgánicos como el plomo están forzando a los suministradores a mejorar el control de calidad del agua dentro de los sistemas de distribución.

El aumento de las presiones con los lechos fluviales ha dado por resultado una mayor carga de entrada de microorganismos en muchas plantas de tratamiento.

Aunque no ha ocurrido una intensa reevaluación de los aspectos estéticos de la calidad del agua, la calidad estética es importante. Problemas tales como la concentración mineral excesiva, la fijación de manchas y el color, afectan a la aceptación por parte del consumidor del suministro de agua. (ROMERO, J. 2009 Pp: 283 – 297)

### ***1.4.1 Caracterización del Agua***

#### ***1.4.1.1 Análisis físico del agua***

##### ***1.4.1.1.1 Los sabores y olores***

Se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. El color debido a minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos. La presencia de turbidez, indica que el agua puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión

#### 1.4.1.1.2 *Turbiedad:*

Forma indirecta de medir la concentración de las partículas coloidales y suspendidas en un líquido. Es importante considerarla porque:

- No tiene efectos sobre la salud pero afecta la calidad estética del agua pudiendo ocasionar rechazo por el consumidor.
- Determina el sistema de tratamiento más adecuado en cuanto a filtrabilidad.
- Las partículas presentes reducen la eficiencia del proceso de desinfección protegiendo a microorganismos de un contacto directo.
- La determinación de la turbiedad a la entrada y salida del proceso de tratamiento sirve para cuantificar la eficiencia remocional del mismo facilitando el control del proceso.

#### 1.4.1.1.3 *Color:*

Incide sobre el aspecto estético del agua, quitándole transparencia. Se debe a taninos, lignina, ácido húmico, polisacáridos y ácidos grasos, entre otros; extracción acuosa de sustancias de origen vegetal vivo, materia orgánica del suelo, hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.

#### 1.4.1.1.4 *Olor y sabor:*

Se deben al plancton, compuestos orgánicos generados por bacteria, algas, vegetación en putrefacción y a desechos domésticos e industriales.

#### 1.4.1.1.5 *Turbidez:*

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la re suspensión de sedimentos en el sistema de distribución.

También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua

con una turbidez menor que 5 NTU suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales.

Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz.

Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación, sedimentación y en la filtración.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 NTU para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos.

#### *1.4.1.1.6 Temperatura:*

El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismo y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. (Organización Mundial de la Salud OMS., 2006., Pp: 192-202)

#### *1.4.1.1.7 Conductancia Específica:*

La conductancia o conductividad es una medida de la capacidad de un líquido para transmitir la corriente eléctrica; es un parámetro relacionado con la cantidad de iones presentes en el líquido y con la temperatura a la cual se efectúa la determinación.

#### *1.4.1.1.8 Sólidos totales:*

Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. Se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos.

#### *1.4.1.1.9 Sólidos disueltos:*

Los sólidos disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración, etc. La presencia de estos sólidos no es detectable a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos.

La presencia de estos sólidos solo se detecta cuando el agua se evapora y quedan las sales residuales en el medio que originalmente contiene el líquido. Analíticamente se miden pesando la cápsula con las sales residuales, una vez que el agua ha sido evaporada, y conociendo el peso neto de la cápsula es posible determinar la cantidad de sólidos disueltos por diferencia de peso.

También es posible cuantificar los sólidos disueltos midiendo la conductividad del agua: los sólidos disueltos se encuentran en forma de cationes y aniones, por lo que éstos como partículas con cargas pueden conducir la corriente eléctrica, y así pueden ser cuantificados indirectamente, con cierta precisión, midiendo la conductividad del agua.

#### *1.4.1.1.10 Sólidos en suspensión:*

Los sólidos en suspensión es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez.

A diferencia de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con mayor o menor grado de dificultad por procesos mecánicos como son la sedimentación y la filtración. Las partículas o sólidos suspendidos se componen de material orgánico e inorgánico son: arcillas, silicatos, feldespatos, etc.

#### *1.4.1.2 Análisis químico del agua*

#### *1.4.1.2.1 Potencial hidrógeno, pH:*

Expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, mediante la concentración del Ion Hidrógeno, juega un papel importante en la coagulación, desinfección por cloro, ablandamiento y el control de corrosión.

#### *1.4.1.2.2 Alcalinidad:*

Presencia en el agua de iones, que pueden reaccionar con ácidos, neutralizándolos. Se deben a bases fuertes que llegan a las aguas naturales por contaminación por desechos industriales.

#### *1.4.1.2.3 Dureza:*

Forma depósitos en las tuberías, obstruyéndolas. Se puede considerar como blanda un agua menos de 100mg/l de dureza como  $\text{CaCO}_3$  mediamente dura de 100 a 200 mg/l, dura de 200 a 300 mg/l.

#### *1.4.1.2.4 Hierro y Manganeseo:*

Afectan el sabor, produce manchas durables en aparatos sanitarios, interfiere en el lavado de ropa y causa obstrucciones y alteraciones en la turbiedad y el color.

#### *1.4.1.2.5 Sulfatos:*

Tienen efectos sobre el sabor, mal olor y disminuye el pH, aumentando su poder corrosivo, son laxantes simultáneamente con el manganeso y el sodio. Si además hay presencia de calcio o magnesio, los sulfatos reaccionan con pestos formando incrustaciones duras en tuberías y artefactos.

#### *1.4.1.2.6 Nitratos:*

Un contenido de nitrato mayor de 10 mg/l, puede ocasionar enfermedades, los nitritos tienen una toxicidad mayor que afecta al hombre.

#### *1.4.1.2.7 Fosfatos:*



La concentración de fosfatos en un agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización. Este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de los vegetales y un gran aumento de su concentración puede provocar la eutrofización<sup>1</sup> de las aguas.

Así, Los fosfatos están directamente relacionados con la eutrofización de ríos, pero especialmente de lagos y embalses. En lo referente a las aguas de consumo humano, un contenido elevado modifica las características organolépticas y dificulta la floculación – coagulación en las plantas de tratamiento.

Tan sólo 1 gramo de fosfato- fósforo ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. Si el crecimiento de algas es excesivo, cuando estas algas mueren los procesos de descomposición pueden dar como resultado una alta demanda de oxígeno, agotando el oxígeno presente en el agua.

Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida. Antes de realizar un análisis, por tanto, es importante considerar qué tipo de fosfatos deberán determinarse.

Finalmente, el tratamiento biológico del agua mediante la eliminación de fosfatos se realiza con el uso de una bacteria aeróbica, esto es oxígeno dependiente, si la concentración de los fosfatos es elevada, pero si esta concentración es baja se pueden eliminar con lavados frecuentes de la instalación con cloro el mismo que actuará sobre los microorganismo (bacterias, algas y plancton) que pueden desarrollarse sobre las superficies.

#### *1.4.1.2.8 Aluminio:*

Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua.

La presencia de aluminio en concentraciones mayores que 0,1 – 0,2 mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro.

---

<sup>1</sup> La eutrofización es un tipo de contaminación química de las aguas. Se da cuando hay un aporte excesivo de nutrientes a un ecosistema acuático, el cual queda severamente afectado por ello.

Por tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de reducir al mínimo la presencia de residuos de aluminio en el sistema de abastecimiento. En buenas condiciones de funcionamiento, pueden alcanzarse, en muchas circunstancias, concentraciones de aluminio menores que 0,1 mg/l.

#### *1.4.1.2.9 Amoníaco:*

La concentración correspondiente al umbral olfativo del amoníaco a pH alcalino es de aproximadamente 1,5 mg/l, se ha sugerido un umbral gustativo de 35 mg/l para el catión amonio. Estas concentraciones de amoníaco no tienen repercusión directa sobre la salud y no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

#### *1.4.1.2.10 Cloruro:*

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función de catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de 200 a 300 mg/l. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al sabor que produce en concentraciones bajas.

#### *1.4.1.2.11 Cloro:*

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg/l. Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg/l, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua.

#### *1.4.1.2.12 Dureza:*

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada.

La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósito de los edificios.

Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías.

#### *1.4.1.2.13 Hierro:*

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litros sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable.

El hierro también potencia la proliferación de bacterias ferruginosas, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías.

En niveles por encima de 0,3 mg/l, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro menores que 0,3 mg/l, aunque pueden turbidez y coloración.

#### *1.4.1.2.14 Sulfatos:*

La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l

#### 1.4.1.2.15 Análisis microbiológico del agua

La calidad y cantidad de microorganismo va acompañando de las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica. Del reino vegetal, los microorganismos más importantes son las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

Del reino animal, los protozoarios, moluscos, artrópodos platelmintos, helmintos. Así como el plancton que tiene importancia para juzgar la calidad sanitaria del agua.

Las algas constituyen una de las principales causas de sabor y olor desagradable en las aguas, los microorganismos ejercen dos tipos de influencia con respecto a la producción de turbiedad y color.

Primero, debido a su presencia como partículas en suspensión o como productores de pigmentos solubles, y segundo, indirectamente por la interferencia que causan en los procesos, ya sea por la alteración del pH, aumento de lodos sedimentados u obstrucción de los filtros. Así el agua potable, debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos que contiene.

#### 1.4.1.2.16 Coliformes:

Organismos patógenos indicadores de contaminación productores de enfermedades.

El grupo de coliformes totales, incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. El género *Escherichia*, especie *E. coli*, población de bacterias Coliformes más representativas de contaminación fecal, aunque el género *Aerobacter* y algunas *Escherichia* pueden crecer en el suelo.

**Tabla 1 - 1:** Calidad Microbiológica del Agua

Calidad de Agua	Número de gérmenes/ml
Excesivamente pura	0 a 10
Muy pura	10 a 100
Pura	100 a 1000
Medianamente pura	1000 a 10000
Impura	10000 a 100000

Muy Impura	Más de 1000000
------------	----------------

**Fuente:** Romero J; Calidad del Agua  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

### ***1.4.2 Procesos de tratamiento del agua***

La selección del proceso de tratamiento del agua es una tarea complicada. Las circunstancias son diferentes para cada instalación del agua y quizás distinta para cada fuente o procedencia usada para la instalación.

La selección de uno o más procesos a utilizar en determinada situación está influida por la necesidad de cumplir los objetivos de calidad reglamentada, el deseo de la instalación y de sus clientes de cumplir los objetivos de calidad del agua como los aspectos o estética y la necesidad de proporcionar el servicio del agua a bajo costo.

Los factores que deberían estar incluidos en las decisiones de los procesos del tratamiento del agua comprenden:

- Renovación de contaminantes
- Calidad de la fuente original del agua
- Fiabilidad
- Condiciones existentes
- Flexibilidad del proceso
- Capacidades de la instalación
- Costes
- Compatibilidad ambiental
- Calidad del sistema de distribución de agua
- Realización del proceso a escala (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., 2002, Pp47-131)

#### ***1.4.2.1 Captación***

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques. El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento.

La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año (en verano el agua de nuestros ríos es más turbia que en invierno). La captación de aguas subterráneas se efectúa por medio de pozos de bombeo o perforaciones.

#### *1.4.2.2 Conducción*

Desde la toma de agua del río hasta el pre sedimentadores, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos.

#### *1.4.2.3 Pre sedimentación*

Esta etapa se realiza en piletas preparadas para retener los sólidos sedimentables (arenas), los sólidos pesados caen al fondo. En su interior las piletas pueden contener placas o seditubos para tener un mayor contacto con estas partículas. El agua pasa a otra etapa por desborde.

#### *1.4.2.4 Mezcla Rápida*

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua, el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua.

El sistema propuesto es mediante turbulencia provocada por métodos hidráulicos (mezclador rápido en línea – tubo Venturi, chorro químico y tanque de mezcla rápida), o mecánico.

#### *1.4.2.5 Floculación*



**Figura 1-1:** Floculador en la Planta de Tratamiento  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas. Es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas, in romper o disturbar los agregados preformados.

De la misma manera que la coagulación, la floculación es influenciada por fuerzas químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floc, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos.

En partículas muy pequeñas, el movimiento browniano provee cierto grado de transporte de ellas creando la floculación peri cinética, pero en partículas grandes el movimiento browniano es muy lento y se requiere de algún mecanismo de transporte que induzca la colisión de las partículas, creando la floculación orto cinética.

En la floculación, una vez introducido y mezclado el coagulante, las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes mediante agitación lenta prolongada (floculación) durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad. El floculador es, por lo tanto, un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta, con un tiempo de retención relativamente prolongado.



**Figura 2-1:** Tanque de Floculación Planta de Tratamientos  
Realizado por: Guanoluisa Karina, 2015

Las plantas están diseñadas para con un sistema de laberinto vertical de mezcla suave y lenta con un tiempo de permanencia de aproximadamente 20 min.

Es de vital importancia en este proceso controlar la velocidad del floc, en el laberinto. Nuestra planta trabaja con velocidades no mayores a 25 mm/s al inicio y no menores a 10 mm/s al final.

#### 1.4.2.6 Sedimentación



**Figura 3- 1** Sedimentador de la Planta de Tratamientos  
Realizado por: Guanoluisa Karina, 2015

La sedimentación se realiza en decantadores o piletas de capacidad variable, según la Planta Potabilizadora. En ellos se produce la decantación del floculador, que precipitan al fondo del decantador formando barros. Normalmente la retención de velocidad del agua que se produce en esta zona es de 40 minutos a una hora.

Los decantadores o sedimentadores es su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua – que contiene menor turbiedad por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.



Esta operación consiste en separar los sólidos en suspensión (SS) de mayor densidad que el agua, por simple gravedad. Los factores que determinan la velocidad de sedimentación de los SS son principalmente el diámetro y la densidad de las partículas así como la viscosidad de la solución.

La sedimentación se realiza en tanques (circulares o rectangulares llamados también clarificadores) o reactores en los cuales teóricamente, la masa líquida se traslada de un punto a otro con movimiento uniforme y velocidad constante.

Las partículas aglomeradas (materia orgánica que logra flocularse – hacer grumos) se obstaculizan mediante la sedimentación antes de unirse, una vez lograda la unión ganan peso y se precipitan a velocidad creciente en el tiempo. El material sedimentado es retirado del fondo del tanque y canales por medio de bombas de succión o motobombas.

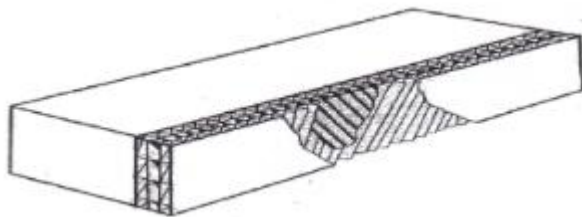
Los SS de pequeños tamaño y coloide que difícilmente se mentarían bajo condiciones naturales, son precipitados después como floc a través de un proceso de coagulación y floculación.

Dos son las formas de sedimentación usadas en la purificación del agua; sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación o ablandamiento.

La sedimentación simple es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación; en esos casos se le conoce como pre sedimentación.

La sedimentación después de la adición de coagulante y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como en el caso de remoción de color y turbiedad o en el ablandamiento con cal.

En esta etapa del proceso nuestra planta remueven las partículas sólidas de agua mediante la óptima aplicación de la fuerza de la gravedad, la velocidad ascensional del agua y especialmente con el uso de módulos de sedimentación acelerada de ABS.



**Figura 4- 1:** Sedimentador  
Fuente: INTAL, 2015

La existencia de diferentes tipos de partículas hace que sea necesario considerar tipos desiguales de sedimentación, por lo cual nuestra la empresa ha diseñado el tanque de sedimentación ideal con el uso de sedimentadores de alto rendimiento que desarrolla flujo laminar y ecualiza la velocidad ascensional del líquido.

#### 1.4.2.7 Filtración



**Figura 5-1:** Sedimentador de la Planta de Tratamientos  
Realizado por: Guanoluisa Karina, 2015



**Figura 6 -1:** Filtro de la Planta de Tratamiento  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

Aunque cerca del 90% de la turbiedad y el color son removidos por la coagulación y la sedimentación, una cierta cantidad de floc pasa el tanque de sedimentación, una cierta cantidad de floc pasa el tanque de sedimentación y requiere su remoción.

Por ello, para lograr la clarificación final del agua, se utiliza la filtración a través de medios porosos generalmente de arena, antracita o arena antracita. En la planta de purificación, la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto de floc, suelo, metales oxidados y microorganismos.

La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección. La práctica considera que el propósito principal de la filtración es remover turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección al proveer protección a los microorganismos de la acción desinfectante.

**Tabla 2-1:** Tipos de Filtros

FILTROS	
CAPAS	3
TAMAÑO GRANO GRUESO	3mm
TAMAÑO GRANO MEDIO	1,5 mm
TAMAÑO GRANO FINO	0,8 mm
COEFICIENTE UNIFORMIDAD	1,3
PESO ESPECÍFICO	2,6
DISTRIBUCIÓN	Estatificada
TIPO	Redondeada

**Fuente:** INTAL, 2015

**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

El tiempo transcurrido entre dos lavados consecutivos de filtro se llama carrera de filtración: que habitualmente en filtros de buena performance es superior a 24 horas

Esto dependerá de la turbiedad de entrada del líquido.



**Figura 7-1:** Filtros de la Planta de tratamiento por dentro

**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

#### 1.4.2.8 Desinfección

Una vez que el agua fue filtrada, pasa a la reserva, allí se desinfecta según distintos métodos. El más usado es el agregado de cloro líquido. El cloro tiene la característica química de ser un oxidante, lo cual hace que se libere oxígeno matando los agentes patógenos, por lo general bacterias anaeróbicas.

Otros desinfectantes utilizados son: hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio (pastillas), ozono, luz ultravioleta, etc. Durante todo el proceso de potabilización se realizan controles analíticos de calidad. La suma de las etapas para potabilizar el agua se realiza en aproximadamente 4 horas.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante.

Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro.

Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección.

Puede medirse y controlarse fácilmente la concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo, como el cloro, y se recomienda realizar análisis frecuentes si se practica la cloración del agua.

La cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito calcio, y mediante generadores de cloro in situ. El gas cloro licuado se suministra comprimido en recipientes a presión.

Un clorador extrae el gas del cilindro y lo añade al agua de forma dosificada, simultáneamente controlando y midiendo el caudal de gas. La solución de hipoclorito sódico se dosifica mediante una

bomba dosificadora eléctrica de desplazamiento positivo o mediante un sistema de suministro por gravedad.

El hipoclorito cálcico debe disolverse en una porción de agua y luego mezclarse con el caudal principal. El cloro, ya sea en forma de gas cloro de un cilindro, de hipoclorito sódico o de hipoclorito cálcico, se disuelve en el agua y forma ion hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ) y ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ).

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, como el aldicarb; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior; y puede oxidar especies disueltas a formas más fáciles de eliminar (por ejemplo, el arsenito a arseniato).

La desinfección del agua representa el proceso más importante utilizado en la obtención de agua potable. Por éste motivo el proceso será tan efectivo como lo sea el control que se ejerza para asegurar que toda el agua reciba el desinfectante continuamente y en forma proporcional al consumo.

La desinfección significa una disminución de la población de bacterias hasta una concentración inocua, en contraste con la esterilización, en la cual se efectúa una destrucción total de la población bacteriana.

El desinfectante más comúnmente utilizado es el cloro y se debe exclusivamente a las siguientes razones:

- ✓ Existe disponible como gas, líquido o en forma granular
- ✓ Es relativamente barato
- ✓ Es de fácil aplicación puesto que es de solubilidad alta.
- ✓ En concentraciones que son insabora e inocuas para consumo humano deja un residual en solución el cual provee protección sanitaria de distribución
- ✓ Tiene una alta característica de toxicidad para los microorganismos causantes de enfermedades de distribución.
- ✓ Tiene una alta característica de toxicidad para los microorganismos causantes de enfermedades hídricas.

- ✓ Es un agente oxidante poderoso.



**Figura 8 -1: Cloración a Gas de la Planta de Tratamiento**

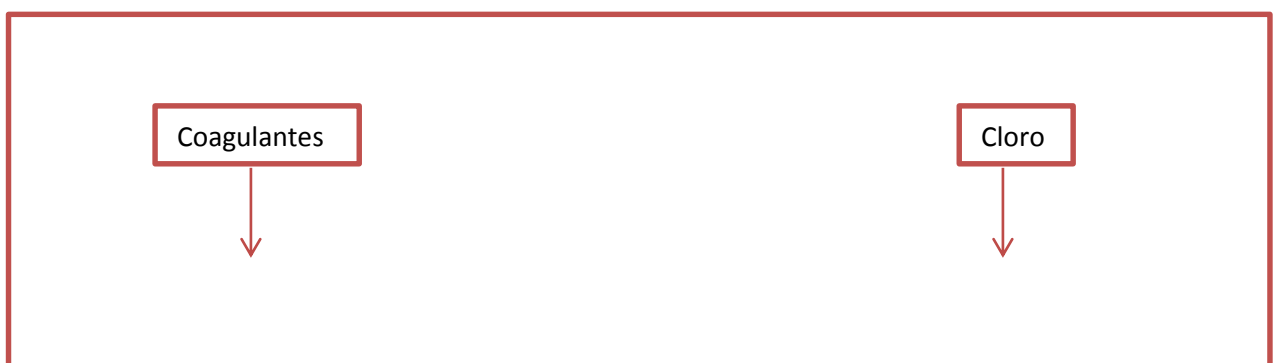
Realizado por: Guanoluisa Karina, 2015

#### *1.4.2.8.1 Condiciones para una buena desinfección en la planta de tratamientos*

El valor promedio de turbiedad antes de la desinfección no debe exceder de 1 NTU, y el color verdadero de 5 Pt- Co. El cloro residual libre debe ser mayor a 0,5 mg/l, a un pH máximo de 7,9.

#### *1.4.2.9 Tipos de plantas de purificación*

La calidad del agua cruda oscila grandemente de una fuente a otra, por lo cual el tipo de tratamiento también varía. El diseño de una planta de tratamiento eficiente y económico requiere un estudio de ingeniería cuidadoso basado en la calidad de la fuente y en la selección apropiada de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuado y económicos de producir agua de la calidad requerida.

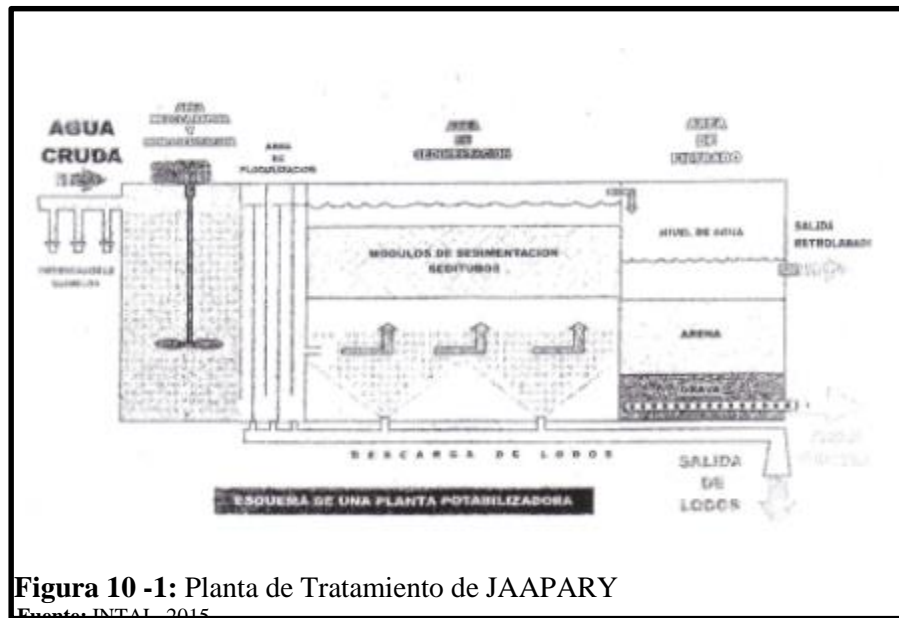




**Figura 9 -1:** Planta de Tratamientos

Fuente: ROMERO, J., 1999

Realizado por: Guanoluisa Karina 2015]



**Figura 10 -1:** Planta de Tratamiento de JAAPARY

Fuente: INTAL, 2015





**Figura 11 -1:** Planta de Tratamientos Actual  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina, 2015

#### *1.4.2.10 Coagulación Química del agua*

Las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados por la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; lo más pequeños (menos de 0,01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0,01 mm) son generalmente sedimentables.

Los sólidos coloidales son limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no se sedimentan sino después de períodos razonables, su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica, son invisibles por separados, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos.

La coagulación química se define como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua y de aguas residuales; es el proceso en el que se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación.

El proceso se basa en la adicción de sustancias químicas al agua, su distribución uniforme en ella y la formación de un floc fácilmente sedimentable

La coagulación prepara el agua para la sedimentación, aumenta grandemente la eficiencia de los sedimentadores y tiene como función primordial desestabilizar, agregar y unir las sustancias coloidales presentes en el agua. El proceso remueve turbiedad, color, bacterias, algas y otros organismos planctónicos, fosfatos y sustancias productoras de olores y sabores

La coagulación es el proceso que se usa más ampliamente para remover las sustancias que ocasionan turbiedad en el agua, las cuales son a menudo inorgánicas, mientras que las que causan olor, sabor o color son orgánicas.

El entendimiento del mecanismo de la coagulación implica el conocimiento de las propiedades de los coloides.

#### *1.4.2.10.1 Coagulantes*

Se puede decir que coagulantes son aquellos compuestos de hierro o aluminio capaces de formar un floc y que pueden efectuar coagulación al ser añadidos al agua. Por otra parte, ayudas de coagulación son sustancias que producen poco o ningún floc al ser usadas solas, pero que mejoran los resultados obtenidos con simples coagulantes.

Los coagulantes más empleados son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso, cloruro férrico, sulfato férrico, aluminato de sodio y la cal. Entre las ayudas de coagulación se incluyen el cloruro de magnesio, el aluminato de sodio, la sílice activada, el almidón y gran número de polielectrolitos de masa molecular alta.

Hay que distinguir entre coagulación, el proceso químico por el cual se añade un coagulante (sustancias química) al agua con el fin de destruir la estabilidad de los coloides y promover su agregación y floculación como el proceso físico de mezcla rápida y lenta por medio del cual se incrementa la posibilidad de choque entre partículas y, por tanto, la formación de floc.

Sin embargo, es común referirse a la coagulación como el proceso de adición de coagulante, mezcla rápida, floculación y sedimentación. (ROMERO, J. 2009., Pp: 187-194)

#### *1.4.2.10.1.1 Coagulantes Metálicos*

Existe una variedad de coagulantes metálicos que los podemos clasificar en tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios.

#### *1.4.2.10.1.2 Coagulación con Sales de Hierro*

Las sales de hierro tienen sus ventajas sobre las sales de aluminio en algunos casos, porque forman un floc más pesados y de mayor velocidad de asentamiento y porque pueden trabajar con un rango de pH mucho más amplio.

Por tanto, se usan cuando el sulfato de aluminio no produce coagulación adecuada o cuando los sedimentadores están demasiado recargados y resulta económico aumentar el peso del floc para incrementar la eficiencia de ellos. Las más conocidas de las sales de hierro son: el cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso.

Coagulación con Sales de Aluminio.-Las sales de aluminio forman un floc ligeramente pesado. Las más conocidas de éstas son el sulfato de aluminio, el sulfato de aluminio amoniacal y el cloruro de polialuminio.

El primero es el coagulante que por su bajo costo y su manejo relativamente sencillo se usa con mayor frecuencia en las plantas de tratamiento de agua potable. (ARBOLEDA., J., 2000., Pp 51-52)

#### *1.4.2.10.1.3 Policloruro de Aluminio*

Es un coagulante inorgánico líquido base, indicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal en suspensión en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales, como remplazo de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas.

Se obtienen por reacción entre el hidrato de aluminio con ácido clorhídrico en determinadas condiciones de presión, temperatura y tiempo, obteniéndose unos productos polimerizados que contienen especies polinucleares de alta cationicidad, que dan lugar a rápidas reacciones de hidrólisis al reaccionar con la materia en suspensión presente en el agua a tratar.

Esto los hace especialmente válidos en procesos de coagulación de alta turbidez, alta viscosidad del agua, bajas temperaturas o en aguas de baja alcalinidad.

Aplicación:

PAC es un tipo de macromoléculas floculante inorgánico. Mediante la función de puente de iones hidroxilo y la función polimérico anión polivalente, produce macromoléculas y moléculas inorgánicas de electricidad alta. Se adapta a una amplia gama de pH de 5.0 – 9.0, será mejor entre 6,5 – 7,6.

Dosis

- Para uso en agua potable 30 mg/l máximo
- Para uso en aguas residuales puede ser de 50 – 500 mg/l
- Para uso en aguas aceitosas 500 – 2000 mg/l

#### *1.4.2.10.1.4 pH óptimo para Coagulación*

El valor del pH es uno de los factores de mayor importancia y efectos sobre el proceso de coagulación; de acuerdo con Caney, el pH afecta la solubilidad de los precipitados formados por el hierro y el aluminio, así como el tiempo requerido para formación de floc y la carga sobre las partículas coloidales. El pH óptimo para la remoción de coloides negativos varía según la naturaleza del agua, pero usualmente cae entre pH 5.0 y 6.5.

#### *1.4.2.10.1.5 Floculación*

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia.

#### *1.4.2.10.1.6 Parámetros Operacionales*

Los parámetros operacionales del proceso son el gradiente de velocidad (G) y el tiempo de retención (T). Los valores de estos parámetros, según los estudios realizados por Villegas y Letterman, son los que en forma conjunta van a producir la mayor eficiencia.

A través de investigaciones efectuadas, se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del agua.

#### *1.4.2.10.1.7 Factores que influyen en la floculación*

Los principales factores que influyen en la eficiencia de este proceso son:

- La naturaleza del agua
- Las variaciones de caudal
- La intensidad de agitación
- El tiempo de agitación y
- El número de compartimientos de la unidad

#### *1.4.2.10.1.8 Naturaleza del agua*

La coagulación y, por consiguiente, la floculación son extremadamente sensible a las características fisicoquímicas del agua cruda, tales como la alcalinidad, el pH y la turbiedad. Algunos iones presentes en el agua pueden influir en el equilibrio fisicoquímico del sistema, en la generación de cadenas poliméricas de los hidróxidos que se forman o en la interacción de estos polímeros con las partículas coloidales, lo que afectará el tiempo de floculación.

#### *1.4.2.10.2 Influencia de tiempo de floculación.*

##### *1.4.2.10.2.1 Compartimentalización*

En todos los modelos propuestos para la floculación, la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo.

Bajo determinadas condiciones, existe un tiempo óptimo para la floculación, normalmente entre 20 y 40 minutos. La permanencia del agua en el floculador durante un tiempo inferior al óptimo produce resultados inferiores, tanto más acentuados cuanto más se aleje este del tiempo óptimo de floculación.

Es necesario, por lo tanto, que se adopten medidas para aproximar el tiempo real de retención en el tanque de floculación al tiempo nominal escogido. Esto se puede obtener si se compartimentaliza el tanque de floculación con pantallas deflectoras. Cuanto mayor sea el número de compartimientos, menores serán los cortocircuitos del agua.

Con la Compartimentalización y la elección de valores adecuados para los gradientes de velocidad, se aumenta la eficiencia del proceso o se reduce el tiempo necesario de floculación (o ambos), según demostraron Harris y colaboradores. Gradientes elevados en los primeros compartimientos promueven una aglomeración más acelerada de los flóculos; gradientes más bajos en las últimas cámaras reducen la fragmentación.

#### *1.4.2.11 Influencia de Gradiente de Velocidad*

Cuanto mayor es el gradiente de velocidad, más rápida es la velocidad de aglomeración de las partículas. Mientras tanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

La resistencia de los flóculos depende de una serie de factores:

- De su tamaño, forma y compactación
- Del tamaño, forma y naturaleza de las micro partículas; y
- Del número y forma de los ligamentos que unen a las partículas.
- Los valores recomendados de gradientes de velocidad para floculación se encuentran dentro de un rango de 100 a 10 s<sup>-1</sup>.

#### *1.4.2.11.1.1 Influencia de la variación del caudal*

Es conocido que al variarse el caudal de operación de la planta, se modifican los tiempos de residencia y gradientes de velocidad en los reactores.

El floculador hidráulico es algo flexible a estas variaciones. Al disminuir el caudal, aumenta el tiempo de retención y disminuye el gradiente de velocidad. Al aumentar el caudal, el tiempo de retención disminuye, el gradiente de velocidad se incrementa y viceversa; el número de Camp (Nc) varía en aproximadamente 20% cuando la variación del caudal es de 50%.

### **1.4.3 Tanques de almacenamiento**

En la industria petrolera, petroquímica y otras industrias son utilizados distintos tipos de recipientes para almacenar una gran variedad de productos como lo son: crudo y sus derivados, butano, propano, solventes, agua, etc.

Los tanques de almacenamiento tienen un gran rango de tamaños, desde pequeños hasta verdaderamente gigantescos, y forman parte de distintas operaciones en la industria, tales como:

- Producción
- Tratamiento.
- Transporte.
- Refinación.
- Distribución.
- Inventarios/reservas.
- Servicios.

Existe una amplia variedad de tanques para almacenamiento, los cuales pueden ser construidos por encima de la superficie, en el suelo y por debajo de la superficie. En cuanto a la forma, pueden ser cilíndricos verticales, cilíndricos horizontales, esféricos o con forma rectangular, pero los tanques cilíndricos verticales generalmente son los más usados.

Los tanques cilíndricos horizontales, usualmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar

volúmenes pequeños.

Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que sólo pueden ser usados a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas. Estos tipos de tanques, se clasifican según el tipo de techo en:

- Techo fijo.
- Techo flotante.

Los tanques con techo fijo se emplean para contener productos no volátiles o no inflamables como son: agua, diésel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso. Los techos fijos se clasifican en:

- Techos auto soportados.
- Techos soportados

Los tanques con techo flotante se emplean para almacenar productos volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general. Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo.

Además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases, y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables. En la actualidad los sistemas de flotación de los techos flotantes están patentados y solamente los titulares de esas patentes pueden divulgar información al respecto.

Los tanques sin techo se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc. El diseño de este tipo de tanques requiere de un cálculo especial del anillo de coronamiento.



En este documento sólo se tratarán los tanques de techo fijo (auto soportado y soportado por estructura).

El tipo de tanque de almacenamiento usado para algún producto en específico se establece principalmente por requerimientos de seguridad y por requerimientos ambientales. Además de esto, los costos de operación y los costos de eficiencia son un factor determinante en la selección del tipo de tanque de almacenamiento.

El diseño y las consideraciones de seguridad han llegado a ser uno de los asuntos más delicados debido al incremento de casos de incendios y explosiones, relacionados con tanques de almacenamiento, que se han presentado en los últimos tiempos, y dichos accidentes han ocasionado muchas lesiones y muertes.

Los derrames e incendios de tanques no sólo ocasionan contaminación ambiental, sino que también pueden tener severas consecuencias a nivel financiero y un impacto significativo sobre futuros negocios ya que la reputación de la industria o empresa se ve afectada.

#### ***1.4.4 Ensayo de Jarras***

El objetivo de este ensayo es poder determinar la dosis de coagulantes que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales en la planta y hace que se forme un floc pesado y compacto que quede fácilmente retenido en los sedimentadores y no se rompa al pasar por el filtro.

Debe observarse que no necesariamente el floc que sedimenta rápidamente es el que queda retenido en el filtro con más facilidad. El floc que se busca, por tanto, es aquel que da el mayor rendimiento en el conjunto de los procesos de clarificación. El ensayo de jarras trata de reproducir las condiciones en las cuales se produce la floculación en la planta de tratamientos.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que la prueba de jarras sea un ensayo rutinario en la operación de las plantas, no significa que puede ejecutarse descuidadamente, lo que por desgracia suele ser bastante común.

El ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control de procesos de coagulación química de aguas. Se realiza, entre otros, con los siguientes propósitos:

- Selección del tipo de coagulación más efectivo.
- Determinación del pH óptimo de coagulación
- Evaluación de la dosis óptima de coagulante
- Determinación de las dosis de ayudas de coagulación
- Determinación del orden más efectivo de adición de los diferentes productos químicos
- Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempos de mezcla.
- Evaluación de la necesidad de proveer la floculación y sedimentación previa a la filtración o factibilidad de filtración directa.

Este ensayo es usado ampliamente; sus resultados tienen gran aplicabilidad en el diseño y la operación real de las unidades de tratamiento, así como en la optimización de plantas existentes. El procedimiento requiere como datos previos mínimos los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad de agua cruda. La unidad de mezcla típica consiste en una serie de agitadores de paleta acoplados mecánicamente para operar a la misma velocidad, por lo general entre 10 y 100 rpm.

Como jarras de coagulación se ha usado vasos de precipitación, generalmente de uno a dos litros, así como jarras rectangulares de dos litros en acrílico transparente, como las recomendadas por Hudson.

#### *1.4.4.1 Optimización*

Optimización es el proceso de mejorar algo, consiste en el tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar el mismo, para de esta manera lograr la integración de los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr los requerimientos de calidad del agua potable, conforme a la norma NTE 1108:2014.

La optimización de procesos es fundamental para garantizar el desempeño eficiente y eficaz de las plantas de proceso, y que por medio de simulación de procesos permiten representar, evaluar y proponer acciones de mejora de procesos y equipos.

Para la optimización de la Planta de Tratamiento de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco se diseñará etapas que mejorarán el proceso de almacenamiento del agua cruda y agua tratada ya que se piensa incrementar el caudal a 60 l/s para abastecer a más cantones de la provincia de Tungurahua. También se dosificará PAC y elevador de pH según test de jarras realizado, el mismo que da las concentraciones óptimas de químico mejorando la turbiedad y el pH.

Para que no se desperdicie el agua de la vertiente se propone la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de agua cruda.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Localización

El presente trabajo se realizó en la Planta de Tratamientos de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco perteneciente al Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua, para mejorar la calidad del agua en la distribución de los usuarios de los diferentes cantones: Cevallos, Tisaleo, Alobamba, Mocha y Ambato.

**Tabla 1- 1:** Cantones donde se distribuye el Agua

Cantón	Sector	Habitantes
Cevallos	San Pedro de Cevallos	8163
	Santo Domingo de Cevallos	
	Mirador	
	Floresta	
	Bellavista	
	La Unión	
Mocha	Acapulco	6777
	Pinguilí	
	Yanahurco	
Tisaleo	Alobamba	1306
	Santa Lucía	
	Porvenir	
Ambato	Montalvo	10810
	Huachi Totoras	

**Fuente:** .inec.gob.ec, 2015

**Elaborado por:** Guanoluisa Karina 2015

El sistema de abastecimiento de agua potable es alimentado por los deshielos del Carihuayrazo, que se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas.

**Tabla 2 - 1:** Coordenadas de la Fuente

X	Y	Cota
752719,658	9840382,42	3890

**Fuente:** Guanoluisa Karina 2015



**Figura 1-1:** Mapa de la Vertiente Carihuayrazo

**Fuente:** Google Earth

La planta de tratamientos consta de: un área de mezcla rápida y homogenización, bandejas de aireación, floculación hidráulica, sedimentación, filtración y desinfección con cloro gas. Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

**Tabla 3-1:** Coordenadas de la Planta de Tratamientos

X	Y	Cota
758605,812	981901,26	3350

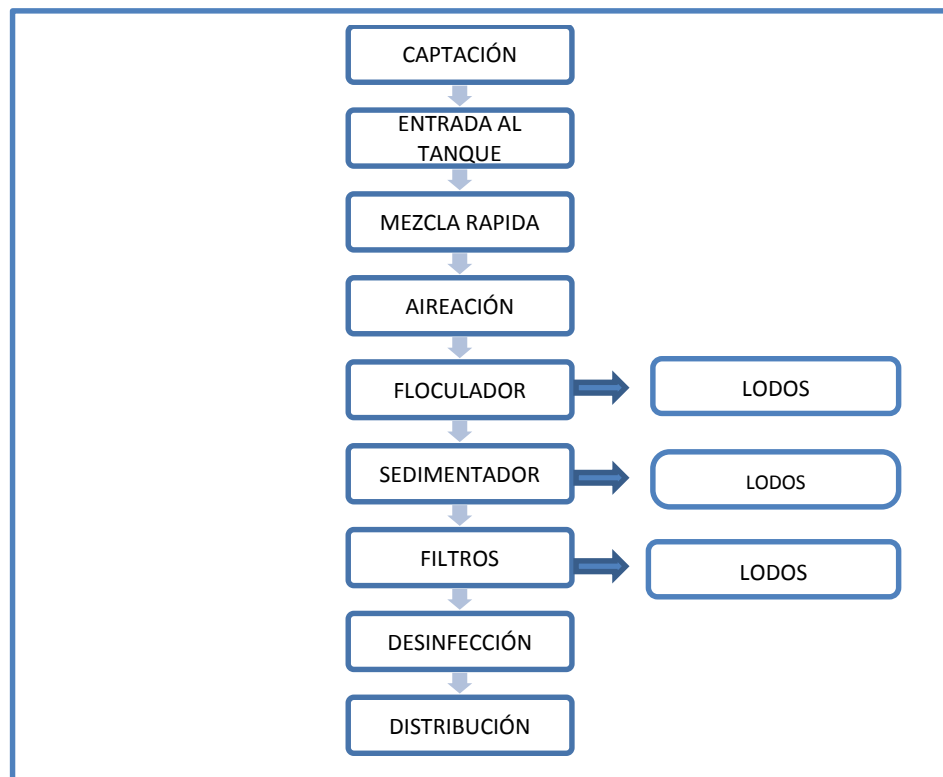
**Fuente:** Guanoluisa Karina 2015



**Figura 2-1:** Planta de Tratamiento Mapa  
Fuente: Google Earth

## 2.2 Determinación del estado actual de la planta

El estado actual de la planta consta de las siguientes etapas:



**Figura 3- 1:** Estado actual de la PT  
Fuente: INTAL, 2015  
Realizado por: Guanoluisa Karina 2015

- El principal problema que tiene la planta es en la etapa de mezcla por la dosificación de químico que no es el adecuado en el sistema que actualmente utilizan.
- Además parámetros como: el pH y la turbiedad no se encuentran dentro de la norma al momento de la distribución del agua potable.
- Otro problema que presenta la planta es la pérdida de caudal desde el momento de la captación.
- El tanque de almacenamiento no sería suficiente para abastecer el caudal real, sin que hubiese pérdidas por lo que se necesita del diseño de un nuevo tanque.

## **2.3 Muestreo**

### **2.3.1 Área de muestreo**

El área de muestreo se realizó en la Planta de Tratamientos de Agua Potable de Yanahurco de la provincia de Tungurahua, la Vertiente de los deshielos del Carihuayrazo, y en los puntos principales de la red de distribución de agua potable de la planta de tratamientos.

### **2.3.2 Técnicas de Recolección de Información**

Las técnicas de recolección de muestras y caracterizaciones físico – químico y microbiológicas se realizaron siguiendo las técnicas de análisis del Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, y los parámetros de la caracterización están comparadas con las Normas: INEN 1108: 2014, TULSMA y las guías de la OMS.

Las muestras fueron tomadas de la vertiente, tanque de captación, tanque de almacenamiento y de grifos domiciliarios durante 4 semanas, posteriormente las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, para su caracterización físico-química y microbiológica

La recolección de las muestras se realizó en condiciones lluviosas y días soleados, la toma de muestras es de tipo sistemático, es decir en diferentes horas de la mañana de la tarde y de la noche. Además se contó con la colaboración de un trabajador de la empresa.

**Tabla 4-1:** Recolección de Muestras

Lugar de muestreo	Días de muestreo	Numero de muestras diarias	Total de muestras	Tipo de muestra	Total de muestras al mes
Agua de la vertiente	1	1	1	Compuesta	1
Captación	4	1	4	Compuesta	4
Tanque de almacenamiento	4	1	4	Compuesta	4
Domiciliaria	1	4	4	Compuesta	4
					13

Fuente: Guanoluisa Karina 2015

Realizado por: Guanoluisa Karina 2015

### 2.3.3 *Transporte y Manipulación de Muestras*

Para un adecuado transporte se dejó libre del 10 al 15% de volumen total del recipiente evitando derrames o pérdida de muestra. En cada muestra se llevó un protocolo de toma de muestras, donde se registró la ubicación exacta del punto de toma de muestras, situación de la misma, fecha y hora de la toma. Se mantuvo las condiciones normales del transporte de las muestras al laboratorio para su posterior caracterización y análisis.

## 2.4 Métodos

A las muestras obtenidas se realizó la caracterización físico-química y microbiológica, según la norma INEN 1108: 2014, que constan de los siguientes parámetros:



**Tabla 5-1: Límites Permisibles**

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Norma</b>	<b>Técnica</b>	<b>LMP</b>
					<b>INEN 1108 2014</b>
<b>Color</b>	Pt	UNT	Standard Methods	Espectrofotometría	15
<b>Amonio</b>	(NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	EPA Water Waste No. 350.2	Destilación (método Kjeldahl)	0,05
<b>Fosfatos</b>	(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	Standard Methods No. 4500-P / 4500-PC	Espectrofotometría	< 0,3
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	Standard Methods	Espectrofotometría	< 0,2
<b>Conductividad</b>	CE	uso/cm	Standard Methods No. 2510 B	Electrometría	1000
<b>Nitratos</b>	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	Standard Methods No. 4500 NO <sub>3</sub>	Espectrofotometría	50
<b>Nitritos</b>	(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	Standard Methods Ed. 2012 4500-NO <sub>3</sub> B	Espectrofotometría	3,0
<b>pH</b>	pH	Ph	Standard Methods No. 4500-H <sup>+</sup> B	Electrometría, indicadores	6,5 – 8,5
<b>Turbidez</b>	-----	UNT	EPA 180.1	Turbidímetro.	5
<b>Coliformes Totales</b>	CT	UFC/ 100 ml	Standard Methods No. 9222 D y 92221	Filtro de Membrana	Ausencia
<b>Coliformes Fecales.</b>	CF	UFC/ 100ml	Standard Methods No. 9222 D y 92221	Filtro de Membrana	Ausencia

**Fuente:** Normas: INEN 1108: 2014, TULSMA, Guías de OMS

**Realizado por:** Guanoluiza Karina 2015

Los métodos utilizados están adaptados al manual “Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el Manual de Análisis de Agua, métodos HACH.

**Tabla 6 - 1:** Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA</b>
pH	Potenciométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Turbiedad	Nefelométricos	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
Sólidos totales disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Color	Comparativo/Espectrofotométrico	Realizar un blanco con agua destilada, tomar 10 ml de la muestra en la celda HACH, colocar en el espectrofotómetro HACH y medir
Hierro, Nitratos, Fosfatos, Nitritos Nitratos, Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Coliformes Totales y Fecales	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.

**Fuente:** NORMA INEN 1108 2014

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

## 2.5 Equipos Materiales y Reactivos

**Tabla 7 -2:** Equipos, Materiales y Reactivos

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza analítica</li><li>• Baño María</li><li>• Colorímetro</li><li>• Espectrofotómetro</li><li>• HACH</li><li>• Estufa</li><li>• pH – metro</li><li>• Reverbero</li><li>• Turbidímetro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buretas</li><li>• Elenmeyer</li><li>• Peras</li><li>• Pinzas</li><li>• Pipetas</li><li>• Probetas</li><li>• Vasos de precipitación</li><li>• Balones aforados</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reactivos HACH</li><li>• Agua destilada</li><li>• PAC</li><li>• Sulfato de Aluminio</li><li>• Elevador de pH</li></ul>

**Fuente:** Guanoluisa Karina 2015

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

## 2.6 Datos experimentales

### 2.6.1 Caracterización del Agua

Se realizó la caracterización físico – químico y microbiológica desde la fuente hasta las muestras domiciliarias, obteniendo los siguiente resultado.

**Tabla 8 - 1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de Vertiente del Carihuayrazo

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			INEN 11:08 2014
Color	(Pt – Co)	43	15
Amonio	mg/l	0,240	0,05
Hierro	mg/l	0,590	< 0,3
Aluminio	mg/l	0,03	0,2
Fosfatos	mg/l	0,720	< 0,30
Fluoruros	mg/l	0,410	1,5
Conductividad	uS/cm	189	< 1000
Nitratos	mg/l	0,60	50
Nitritos	mg/l	0,007	3,0
Ph	Unidad	6,46	6,5 – 8,5
Turbidez	UNT	7,1	5
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	205	----
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	1	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 1108: 2014

**Tabla 9- 1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Lluviosos)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	Resultados Semana 3	Promedio	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
						INEN 11:08 2014
Color	(Pt – Co)	18	37	46	33,67	15
Amonio	mg/l	0,010	0,010	0,090	0,037	0,05
Conductividad	uS/cm	160	188	174	174	< 1000
Hierro	mg/l	0,080	0,070	0,42	0,19	< 0,3
Aluminio	mg/l	0,025	0,034	0,030	0,0297	0,2
Fosfatos	mg/l	0,500	0,980	0,2	0,56	< 0,30
Fluoruros	mg/l	< 0,1	0,5	0,410	0,3	1,5
Nitratos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	50
Nitritos	mg/l	0,007	0,005	0,005	0,0057	3,0
Ph	Unid	5,94	6,42	6,94	6,43	6,5 – 8,5
Turbidez	UNT	6	7,3	6,5	6,6	5
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	205	300	8	171	Ausencia
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	190	Ausencia	Ausencia	-----	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	Límites fuera de norma en todas las ocasiones
	Limite fuera de norma solo en una ocasión

**Tabla 10 - 1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Soleados)

Parámetro	Unidad	Semana 1	Semana 2	Promedio	Límite Máximo Permisible INEN 11:08 2014
Color	(Pt – Co)	10	12	11	15
Amonio	mg/l	0,090	0,030	0,06	0,05
Conductividad	uS/cm	174	170	172	< 1000
Hierro	mg/l	0,42	0,38	0,4	< 0,3
Aluminio	mg/l	0,030	0,032	0,031	0,2
Fosfatos	mg/l	0,2	0,18	0,19	< 0,3
Fluoruros	mg/l	0,410	0,520	0,465	1,5
Nitratos	mg/l	0,01	0,01	0,01	50
Nitritos	mg/l	0,005	0,008	0,0065	3,0
Ph	Unid	6,94	7,08	7,01	6,5 – 8,5
Turbidez	UNT	3,0	1,1	2,05	5
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	8	20	14	Ausencia
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	Ausencia	Ausencia	-----	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	Límites fuera de norma en todas las ocasiones
	Limite fuera de norma solo en una ocasión
	LMP INEN 1108: 2014

**Tabla 11- 1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	Resultados Semana 3	Promedio	Límite máximo permisible INEN 11:08 2014
Color	Pt	18	5	5	9,33	15
Amonio	mg/l	0,270	0,04	0,010	0,107	0,05
Conductividad	uS/cm	270	171	227	22,67	< 1000
Hierro	mg/l	0,30	0,080	0,090	0,157	< 0,3
Aluminio	mg/l	0,094	0,099	0,096	0,0963	0,2
Fosfatos	mg/l	0,130	0,3	0,3	0,243	< 0,3-
Fluoruros	mg/l	0,770	0,220	1,2	0,73	1,5
Nitratos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	50
Nitritos	mg/l	0,0014	0,005	0,005	0,0038	3,0
pH	Unid	5,21	5,00	5,48	5,23	6,5 – 8,5
Turbidez	UNT	5,2	6,1	6	5,77	5
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	56	Ausencia	Ausencia	-----	Ausencia
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	1	Ausencia	Ausencia	-----	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	Límites fuera de norma en todas las ocasiones
	Limite fuera de norma solo en una ocasión

**Tabla 12- 1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Soleados)

Parámetro	Unidad	Semana 1	Semana 2	Promedio	Límite Máximo Permisible
					INEN 11:08 2014
Color	(Pt – Co)	4	9	5,36	15
Amonio	mg/l	0,00	0,01	0,005	0,05
Conductividad	uS/cm	27	179	103	< 1000
Hierro	mg/l	0,1	0,2	0,15	< 0,3
Aluminio	mg/l	0,017	0,026	0,012	0,2
Fosfatos	mg/l	0,1	0,02	0,06	< 0,3
Fluoruros	mg/l	0,220	0,147	0,1835	1,5
Nitratos	mg/l	0,01	0,01	0,01	50
Nitritos	mg/l	0,005	0,007	0,006	3,0
Ph	Unid	7,01	6,72	6,87	6,5 – 8,5
Turbidez	UNT	1,1	0,48	0,79	5
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	Límites fuera de norma en todas las ocasiones
	Límite fuera de norma solo en una ocasión
	LMP INEN 1108: 2014

## 2.6.2 Pruebas de tratabilidad

La prueba de jarras se realizó en el laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias. Para realizar las pruebas de jarras utilizamos Sulfato de Aluminio., Policloruro de Aluminio y Elevador de pH

**Tabla 13- 1:** Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Primer Ensayo)

	Entrada	2ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio(1N)	4ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio (1N)	6ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio (1N)
pH	7,34	7,11	6,70	6,40
Turbidez	6,15	8,49	14,80	17,23

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

**Tabla 14- 1:** Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Segundo Ensayo)

	Entrada	0,5 ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio(1N)	1 ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio (1N)
pH	<b>7,34</b>	<b>7,38</b>	<b>7,71</b>
Turbidez	<b>6,15</b>	<b>6,75</b>	<b>8,73</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

**Tabla 15 -1:** Prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio 1% (Tercer Ensayo)

	Entrada	0,5 ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio(1N)	1 ml Sulfato de Aluminio con hidróxido de sodio (1N)
pH	<b>7,21</b>	<b>7,21</b>	<b>7,10</b>
Turbidez	<b>6,02</b>	<b>9,18</b>	<b>8,48</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

**Tabla 16 -1:** Prueba De Jarras con Policloruro de Aluminio 1%

	Entrada	5mlPAC 1%	7mlPAC	8mlPAC
pH	<b>6,19</b>	<b>5,765</b>	<b>5,535</b>	<b>5,155</b>
Turbidez	<b>6,44</b>	<b>6,02</b>	<b>5,005</b>	<b>4,595</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	<b>Mejor Resultado</b>
--	------------------------

**Tabla 17 -1:** Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1% y Elevador de pH 10%

	Entrada	4mlPAC - 0,05 ml elevador de pH	5mlPAC - 0,05 ml pH	6mlPAC - 0,05 ml Ph
pH	<b>6,19</b>	<b>7,095</b>	<b>7,14</b>	<b>6,955</b>
Turbidez	<b>6,44</b>	<b>2,435</b>	<b>3,275</b>	<b>1,765</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	<b>Mejor Resultado</b>
--	------------------------

**Tabla 18 -1:** Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1% y Elevador de pH 10%

	Entrada	4mlPAC - 0,05 ml elevador de pH	3mlPAC - 0,05 ml pH	2mlPAC - 0,05 ml Ph
pH	<b>6,19</b>	<b>7,095</b>	<b>7,095</b>	<b>7,15</b>
Turbidez	<b>6,44</b>	<b>2,435</b>	<b>3,98</b>	<b>4,05</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	<b>Mejor Resultado</b>
--	------------------------

**Tabla 19-1:** Prueba de Jarras con Policloruro de Aluminio 1%, Elevador de pH 10% y Filtración

	Entrada	4mlPAC - 0,05 ml elevador de pH	Filtración
<b>pH</b>	<b>6,19</b>	<b>7,10</b>	<b>7,01</b>
<b>Turbidez</b>	<b>6,44</b>	<b>2,40</b>	<b>1,90</b>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa, Karina 2015

	<b>Mejor Resultado</b>
--	------------------------

### 2.6.3 Caracterización del Agua después del tratamiento propuesto

**Tabla 20 - 1:** Caracterización físico química antes y después del tratamiento propuesto

Parámetro	Unidad	Agua Cruda	T. actual	T. Propuesto	Límite máximo permisible
					INEN 11:08 2014
<b>Color</b>	(Pt – Co)	49	10	4	15
<b>Amonio</b>	mg/l	0,090	0,001	0,00	0,05
<b>Conductividad</b>	uS/cm	187	184	27	< 1000
<b>Hierro</b>	mg/l	0,42	0,1	0,1	0,3
<b>Aluminio</b>	mg/l	0,020	0,002	0,017	0,2
<b>Fosfatos</b>	mg/l	0,2	0,2	0,1	< 0,3
<b>Fluoruros</b>	mg/l	0,410	0,318	0,220	1,5
<b>Nitratos</b>	mg/l	0,01	0,01	0,01	50
<b>Nitritos</b>	mg/l	0,005	0,005	0,005	3,0
<b>pH</b>	Unid	6,42	5,8	7,01	6,5 – 8,5
<b>Turbidez</b>	UNT	6,5	6,2	1,1	5
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/ 100ml	8	Ausencia	Ausencia	-----
<b>Coliformes Fecales.</b>	UFC/ 100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<1,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Guanoluisa Karina 2015

	<b>Límite fuera de norma</b>
	<b>LMP INEN 1108: 2014</b>



**Tabla 21-1:** Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de la red de distribución con el Tratamiento Propuesto

Parámetro	Unidad	Norte	Oeste	Este	Sur	Media	LMP
							INEN 1108: 2014
Color	(Pt)	5	5	9	8	8	15
Conductividad	uS/cm	190	153	159	156	167	-----
Fluoruros	mg/l	0,18	0,25	0,25	0,20	0,24	1,5
Nitratos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	50
Nitritos	mg/l	0,007	0,006	0,04	0,06	0,06	3,0
Ph	Unidad	7,26	7,07	7,09	7,06	7,17	6,5 – 8,5
TDS	mg/l	105	74	74	76	83	
Turbidez	UNT	0,68	0,45	1,81	0,92	1,06	5
Coliformes Totales	UFC/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales.	UFC/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<1,1
Cloro libre residual	mg/L	1	0,71	0,76	0,81	0,98	0,3 a 1,5

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Guanoluiza, Karina 2015

	Límites fuera de norma en todas las ocasiones
	Limite fuera de norma solo en una ocasión
	LMP INEN 1108: 2014

## CAPITULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Cálculos de Optimización

##### 3.1.1 Cálculo de la población futura

*Ecuación 1 Cálculo de la Población Futura*

$$Nt = No \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

**Datos:**

**No:** Población Actual: 27056 habitantes dado por la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco

**r:** Tasa de crecimiento anual: 1.37 % según el INEC

**t:** Tiempo de diseño: 15 años

$$Nt = 27056 \left(1 + \frac{1.37}{100}\right)^{15}$$

$$Nt = 33182,208 \text{ habitantes}$$

##### 3.1.2 Cálculo de la Dotación Básica

*Ecuación 2 Cálculo de la Dotación Básica*

$$DB = \frac{Vac}{Tus}$$

**Datos:**

**Vac:** Volumen de agua consumida:  $45765 \frac{m^3}{mes.}$  dados por la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco

**Tus:** Total de usuarios servidos: 4271 dado por la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco

\*Apreciación de cada usuario representa a 5 habitantes.

$$DB = \frac{45765}{4271}$$

$$DB = 10,72 \frac{m^3}{mes. \text{usuar.}} * \frac{1000lt}{1m^3} * \frac{1mes}{30 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ usr.}}{5 \text{ hab.}}$$

$$DB = 71,44 \frac{lt}{hab. dia}$$

### 3.1.3 Dotación Futura

*Ecuación 3 Dotación Futura*

$$DF = FM \times DB$$

**Datos:**

**FM:** Factor de Mayorización: 1.180

**DB:** Dotación Básica:  $71,44 \frac{lt}{hab. dia}$

$$DF = 1.180 * 71,44$$

$$DF = 84,30 \frac{lt}{hab. dia}$$

### 3.1.4 Cálculo del Consumo Medio Diario (cmd)

*Ecuación 4 Cálculo del Consumo Medio Diario*

$$cmd = \frac{q \times N}{86400}$$

**Dónde:**

**N:** Población futura: 33182,208 hab.

**q:** Dotación Percápita Máxima:  $84,30 \frac{lt}{hab. dia}$

**86400:** Segundos/ días, s/d

$$cmd = \frac{84,30 \times 33182,208}{86400}$$

$$cmd = 32,38 \frac{lt}{seg}$$

### 3.1.5 Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD)

*Ecuación 5 Cálculo de Consumo Máximo Diario*

$$CMD = k \times cmd$$

**Dónde:**

**k:** Coeficiente de Variación diaria: 1.300

**cmd:** Consumo Medio Diario:  $32,38 \frac{lt}{seg}$

$$CMD = 1.300 \times 32,38$$

$$CMD = 42,094 \frac{lt}{seg}$$

### 3.1.6 Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH)

*Ecuación 6 Cálculo del Consumo Máximo Horario*

$$CMH = k_2 \times CMD$$

**Dónde:**

**K2:** Coeficiente de Variación Horaria, Adimensional: 1.600

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $42,094 \frac{lt}{seg}$

$$CMH = 1.600 \times 42,094$$

$$CMH = 67,3504 \frac{lt}{seg}$$

### 3.2 Cálculo del Caudal de Optimización

#### 3.2.1 Cálculo del Caudal de Captación

*Ecuación 7 Cálculo de Captación*

$$Q_{Captacion} = k3 * CMD$$

**Dónde:**

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $42,094 \frac{lt}{seg}$

**K3:** 1.500

$$Q_{Captacion} = 1.500 \times 42,094$$

$$Q_{Captacion} = Q_{Cond.} = 63,141 \frac{lt}{seg}$$

#### 3.2.2 Cálculo de Caudal de la Planta de Tratamiento

*Ecuación 8 Cálculo de caudal de la PT*

$$Q_{Tratamiento} = k4 * CMD$$

**Dónde:**

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $42,094 \frac{lt}{seg}$

**k4:** Constante Adimensional: 1.100

$$Q_{Tratamiento} = 1.100 \times 42,094$$

$$Q_{Tratamiento} = 46,3034 \frac{lt}{seg}$$

### 3.3 Consideraciones para la Optimización

Se realizó el dimensionamiento de un nuevo tanque de almacenamiento de agua cruda porque existe una pérdida de caudal desde su captación y optimizaremos evitando desperdicio y fugas de la misma.

#### 3.3.1 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

##### 3.3.1.1 Cálculo del volumen del tanque

*Ecuación 9. Cálculo de volumen del Tanque*

$$V_{tanque} = Q \times T$$

$$V_{tanque} = 63,141 \frac{lt}{s} \times 600 s$$

$$V_{tanque} = 37884,6 lt$$

**Dónde:**

Q = Caudal de captación 63, 141 lt/s

T = Tiempo de retención del agua en el tanque 600 s

##### 3.3.1.2 Cálculo del área del tanque

*Ecuación 10 Cálculo del área del tanque*

$$A = \frac{V_{tanque}}{H_{tanque}}$$

$$A = \frac{37,884 m^3}{3 m}$$

$$A = 12,628 m^2$$

**Dónde:**

H= consideramos 3 m

##### 3.3.1.3 Determinación del Agente Coagulante

Mediante una simple regla de tres obtenemos la cantidad de PAC a emplear en base a la consideración que se establecen a continuación.

#### 3.3.1.4 Cálculo de la Cantidad Requerida de PAC

*Ecuación 11 Cálculo de la Cantidad Requerida de PAC*

$$\begin{array}{ccc} 1g \text{ PAC} & & 100ml \text{ sol.} \\ X & \begin{array}{c} \nearrow \quad \nwarrow \\ \nwarrow \quad \nearrow \end{array} & 4 \text{ ml sol.} \end{array}$$

$$X = \frac{0,04g \text{ PAC}}{L \text{ sol.}} \times \frac{1000mg \text{ PAC}}{1g \text{ PAC}}$$

$$X = 40 \frac{mg}{l} \text{ ó } 40 \text{ ppm de PAC}$$

#### 3.3.1.5 Caudal de Dosificación PAC

*Ecuación 12 Caudal de Dosificación PAC*

$$Q = 44 \frac{L}{s} \times \frac{86400 \text{ s}}{\text{día}}$$

$$Q = 3801600 \frac{L}{\text{día}} \times \frac{m^3}{1000 L}$$

$$Q = 3801,6 \frac{m^3}{\text{día}}$$

#### 3.3.1.6 Cálculo de la Cantidad Requerida de elevador de pH

*Ecuación 13 Cálculo de la Cantidad Requerida de elevador de pH*

$$\begin{array}{ccc} 10g \text{ Elevador de pH} & & 100ml \text{ sol.} \\ X & \begin{array}{c} \nearrow \quad \nwarrow \\ \nwarrow \quad \nearrow \end{array} & 0,05 \text{ ml sol.} \end{array}$$

$$X = \frac{0,005g \text{ PAC}}{L \text{ sol.}} \times \frac{1000mg \text{ Elevador de pH}}{1g \text{ Elevador de pH}}$$

$$X = 5 \frac{mg}{l} \text{ ó } 5 \text{ ppm de Elevador de pH}$$

### 3.3.1.7 Dosificación de PAC

Con el caudal de dosificación sacamos la cantidad de PAC que necesitamos

$$PAC = \frac{3801,6 \text{ m}^3}{\text{día}} \times \frac{40 \text{ g}}{\text{m}^3} = 15206 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$PAC = 152,06 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 6 \frac{\text{sacos de 25 kg}}{\text{día}}$$

### 3.3.1.8 Dosificación de Elevador de pH

Con el caudal de dosificación sacamos la cantidad de elevador de pH que necesitamos

$$Elevador \text{ de pH} = \frac{3801,6 \text{ m}^3}{\text{día}} \times \frac{5 \text{ g}}{\text{m}^3} = 19008 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$Elevador \text{ de pH} = 19,008 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

## 3.4 Resultados



### 3.4.1 Resultados de la caracterización del agua

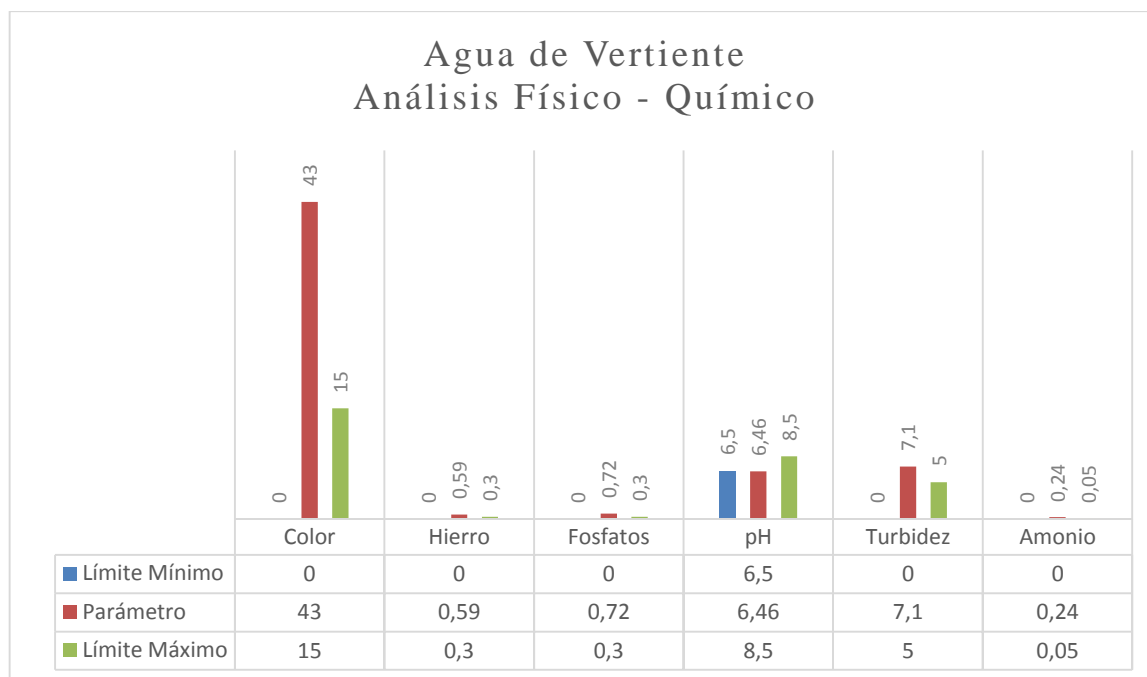
**Tabla 1- 1:** Resultados Agua de Vertiente

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Color	(Pt – Co)	43
Hierro	mg/l	0,590
Amonio	mg/l	0,240
Fosfatos	mg/l	0,720
pH	Unidad	6,46
Turbidez	UNT	7,1
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	205
Coliformes Fecales.	UFC/ 100ml	1

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

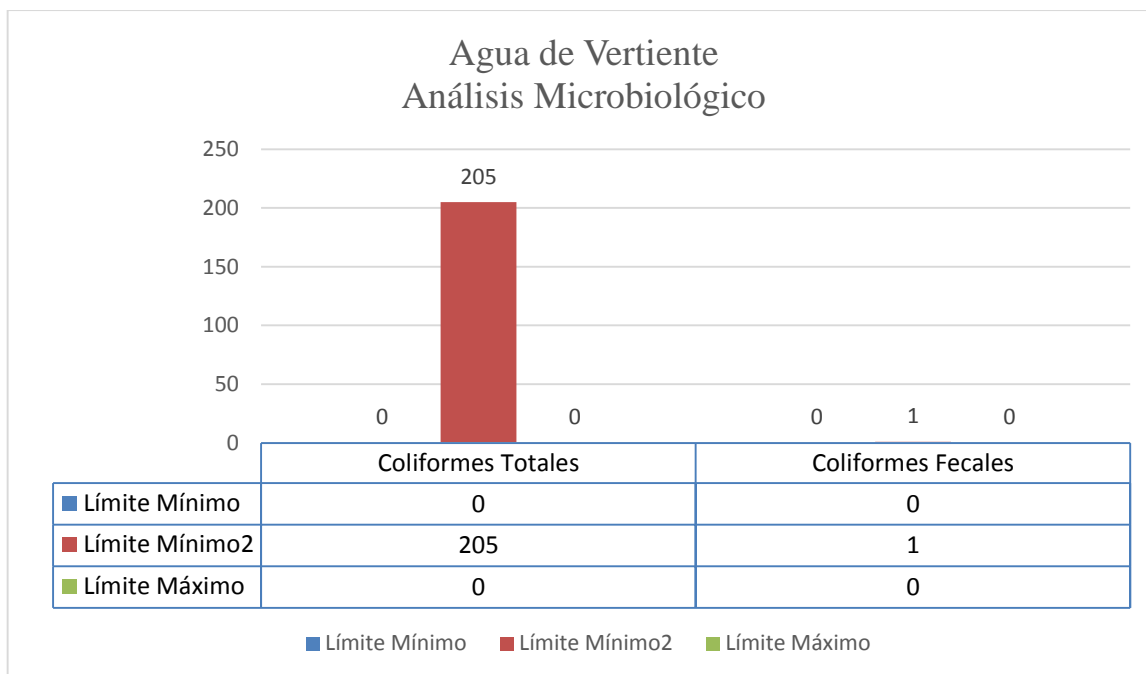
	<b>Límites fuera de LMP</b>
	<b>Ningún LMP fuera de norma</b>



**Gráfico 1 - 1:** Agua de Vertiente Análisis Físico Químico

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015



**Gráfico 2 - 1:** Agua de Vertiente Análisis Microbiológico

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

En el gráfico 1-3 y 2-3 se puede observar el análisis físico- químico y microbiológico del agua de la vertiente donde se encuentran los parámetros color, pH, hierro, turbidez, amonios y coliformes totales fuera de la norma.

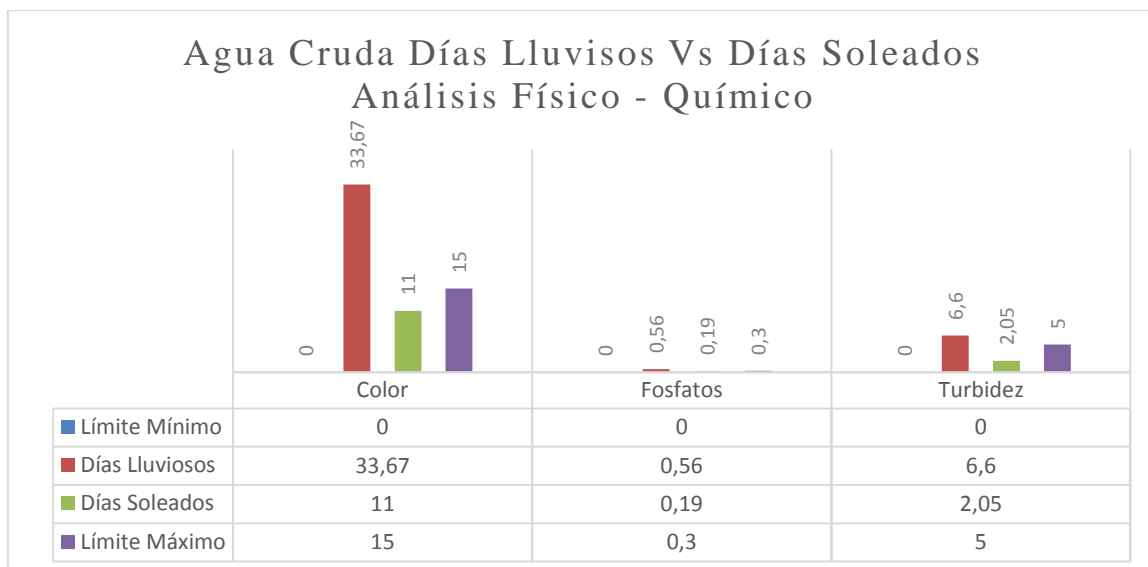
**Tabla 2 - 1:** Resultados Agua Cruda

PARÁMETRO	UNIDAD	DÍAS LLUVIOSOS	DÍAS SOLEADO
Color	(Pt – Co)	33,67	11
Fosfatos	mg/l	0,56	0,19
Turbidez	UNT	6,6	2,05
Coliformes Totales	UFC/ 100ml	171	14

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

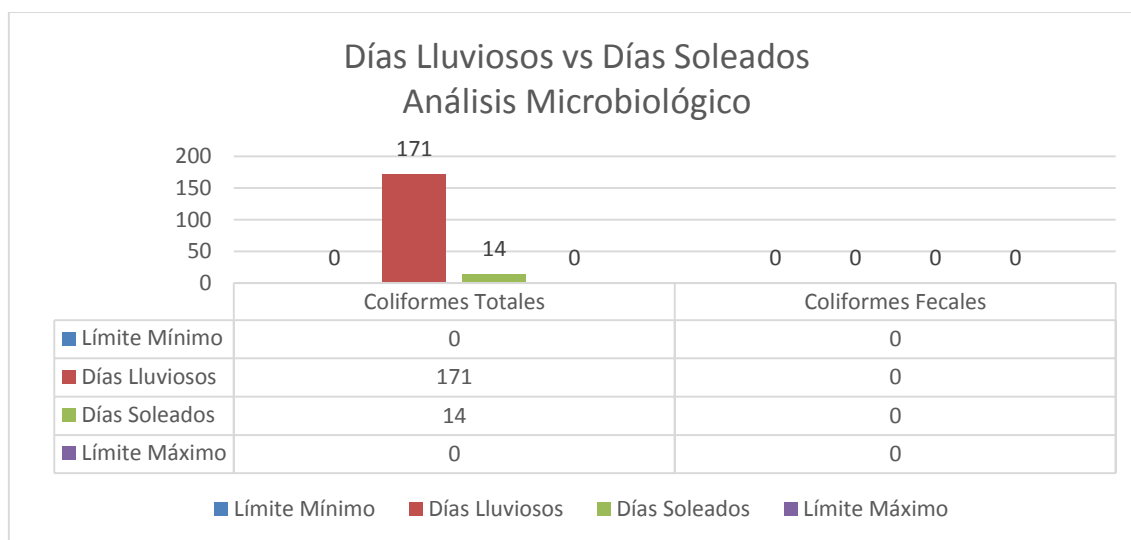
	Límites fuera de LMP
	Ningún LMP fuera de norma



**Gráfico 3 - 1: Días Lluviosos vs Días Soleados Análisis Físico - Químico**

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015



**Gráfico 4 - 1: Días Lluviosos vs Días Soleados Análisis Microbiológico**

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

En el gráfico 3-3 y 4-3 se puede observar el análisis físico- químico y microbiológico del agua cruda donde se encuentran los parámetros color, hierro, turbidez y coliformes totales fuera de la norma INEN 1108:2014

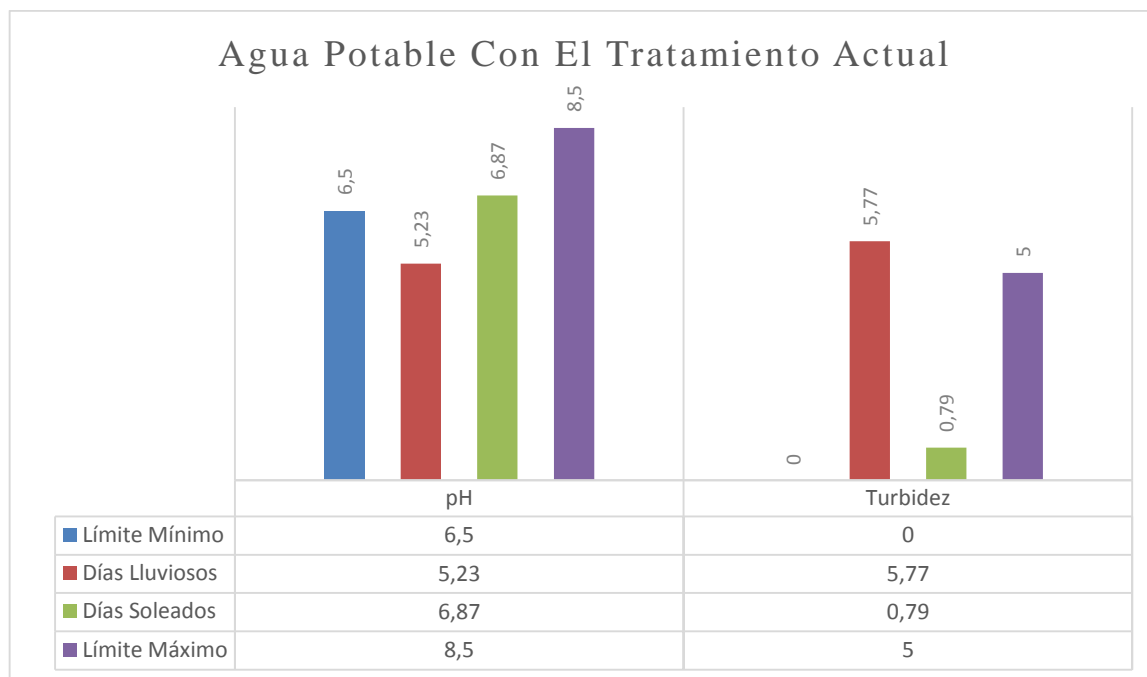
**Tabla 3 - 1:** Resultados Agua Potable con el Tratamiento Actual

Parámetro	Unidad	Días lluviosos	Días soleados
pH	Unid	5,23	6,87
Turbidez	UNT	5,77	0,79

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

	<b>Límites fuera de LMP</b>
	<b>Ningún LMP fuera de norma</b>



**Gráfico 5 - 1:** Agua Potable Días Lluviosos vs Días Soleados

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

En el gráfico 5-3 se puede observar el análisis físico- químico y microbiológico del agua potable con el tratamiento actual donde se encuentran los parámetros pH y turbidez fuera de la norma INEN 1108: 2014.

### 3.4.2 Resultados de las pruebas de tratabilidad

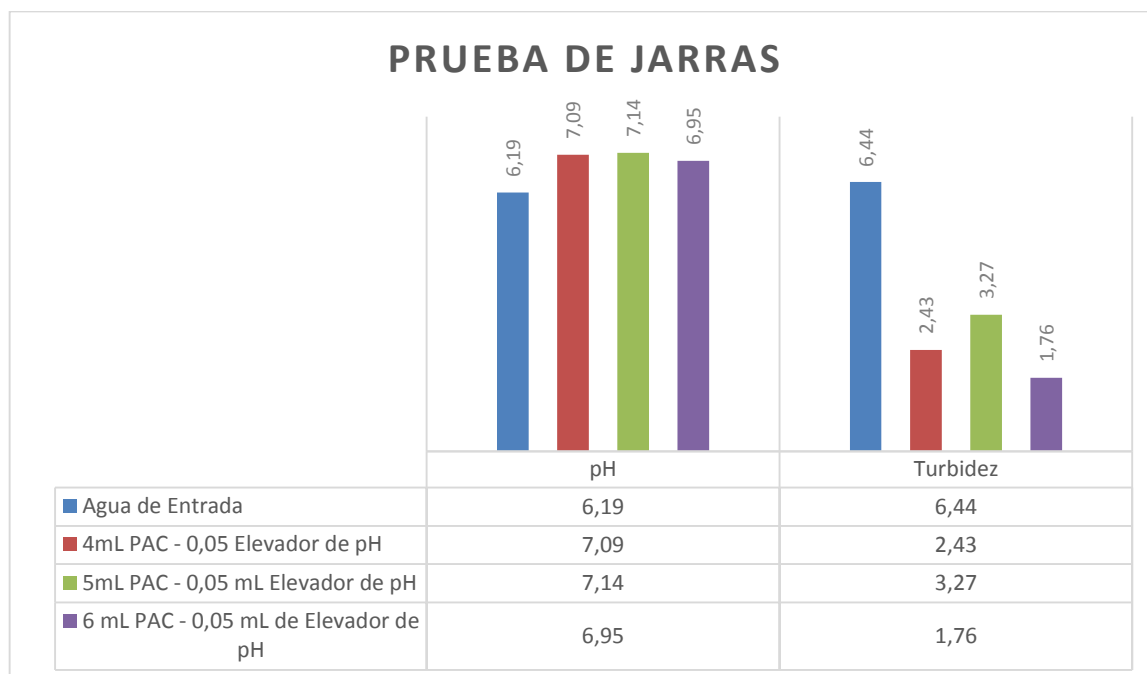
**Tabla 4 - 1:** Resultados PAC AL 1% Y 0,05 ml de Elevador de pH

	Entrada	4mlPAC - 0,05 ml elevador de Ph	Filtración
pH	6,19	7,10	7,01
Turbidez	6,44	2,40	1,90

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

	Límites fuera de LMP
	Ningún LMP fuera de norma



**Gráfico 6 - 1:** Prueba de Jarras

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

En el gráfico 6-3 se puede observar las pruebas de tratabilidad a diferentes volúmenes donde el mejor resultado es con 4 ml de PAC y 0,05 ml de Elevador de pH.

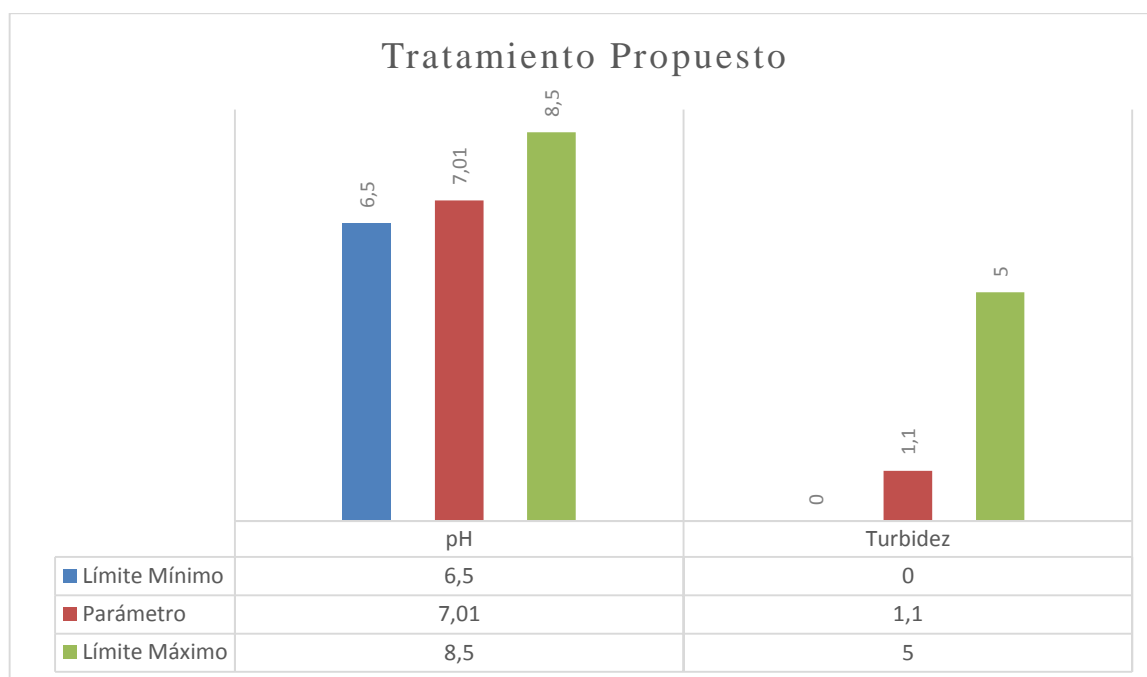
### 3.4.3 Resultados del tratamiento propuesto

**Tabla 5 -1:** Resultados Tratamiento Propuesto

Parámetro	Unidad	T. Propuesto
Ph	Unid	7,01
Turbidez	UNT	1,1

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

	Límites fuera de LMP
	Ningún LMP fuera de norma

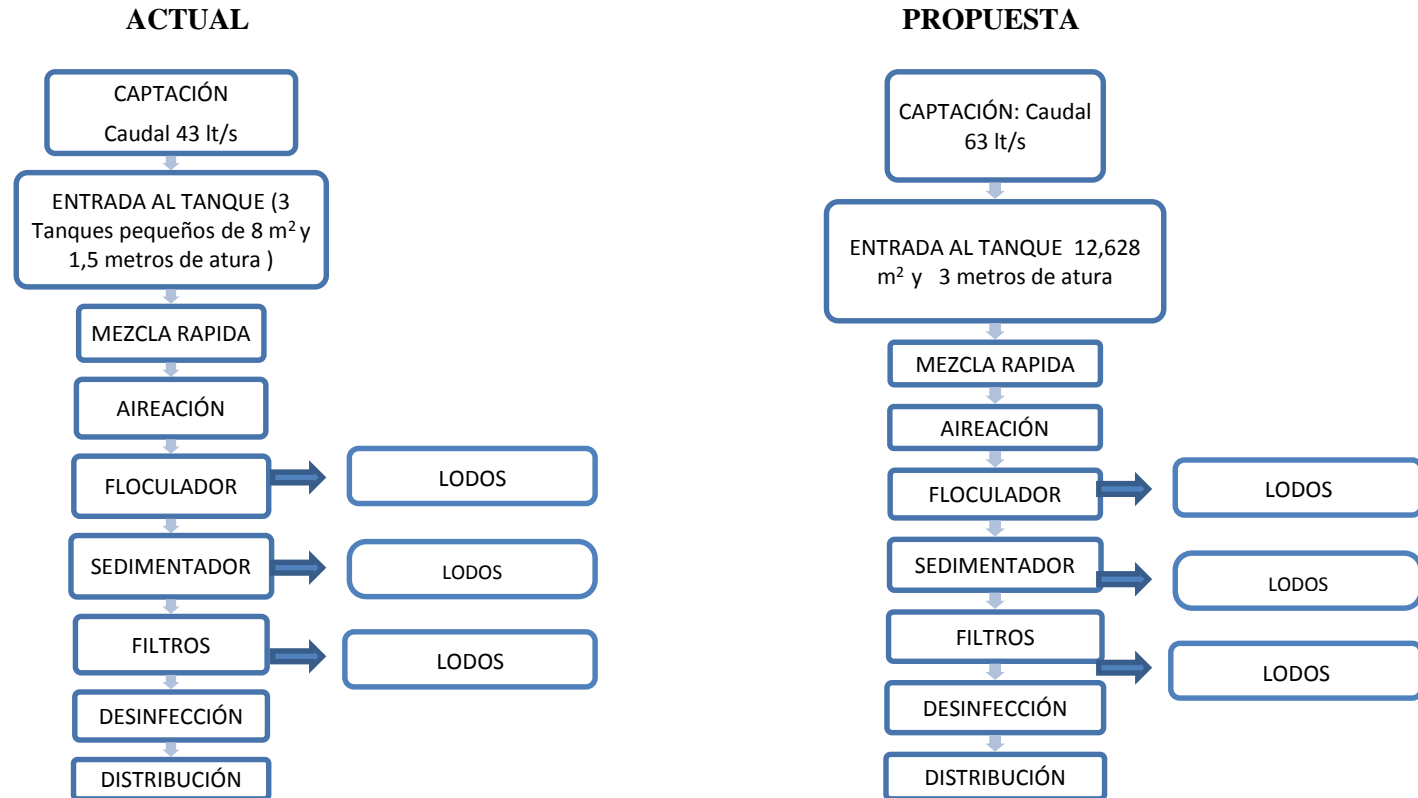


**Gráfico 7 - 1:** Tratamiento Propuesto

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

En el gráfico 7-3 se puede observar que los resultados del tratamiento propuesto donde se ve claramente que el pH y la turbidez están dentro de norma, optimizando el proceso y brindando solución al problema del tratamiento actual donde el pH y la turbidez se encuentran fuera de la norma INEN 1108: 2014.

### 3.5 Propuesta



**Figura 15 -1:** Propuesta para el mejoramiento de PT  
Realizado por: Guanoluisa Karina, 2015

### 3.5.1 Resultados de optimización para el tanque

**Tabla 6 - 1:** Resultados de optimización

CÁLCULO	UNIDAD	RESULTADO
<b>CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO</b>		
Población futura	Nt	33182,208 habitantes
Dotación básica	DB	71,44 l/ hab. Día
Dotación futura	DF	84,30 l/ hab.día
Cálculo de Consumo Medio Diario	cmd	32,38 l/seg
Cálculo del Consumo Máximo Diario	CMD	42,094 l/seg
consumo Máximo Horario	CMH	67,3504 l/ seg
<b>DISEÑO DEL TANQUE</b>		
Caudal de captación	$Q_{\text{captación}}$	63,141 l/seg
Caudal de la planta de tratamientos	$Q_{\text{tratamientos}}$	46,3034 l/seg
Volumen de tanque	$V_{\text{tanque}}$	37884,6 l
Área del tanque	A	12,628
<b>DOSIFICACIÓN</b>		
PAC requerida		40 ppm
Caudal de dosificación	Q	3801,6 m <sup>3</sup> / día
Elevador de pH requerida		5 ppm
Dosificación PAC		152,06 kg/ día
Dosificación de Elevador de Ph		19,008 kg/día

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

**Realizado por:** Guanoluisa Karina 2015

**Dosificación para días lluviosos:** La dosificación del Policloruro de aluminio se debe dar en dos etapas un saco y medio en la mañana 7:00 am y un saco y medio en la tarde 7:00 pm cada dos horas, en 100 litros de agua cruda.

El elevador de pH debe dosificarse junto con el PAC pero 9,5 kg cada doce horas en 75 litros de agua destilada.

**Dosificación para días soleados:** No se debe usar ningún químico.



### 3.6 Análisis de costos

#### 3.6.1 Costos de Dosificación

**Tabla 7 - 1:** Costos de Dosificación

Costos con el tratamiento actual de PAC		
Costo de unidad por saco	Sacos que se utilizan	Costo total
35 dólares	16 sacos de 25 kg	560 dólares/ día
Costos con el tratamiento que se propone de PAC + elevador de Ph		
35 dólares	6 sacos de 25 kg	210 dólares/ día
60 dólares	19,008 kg/día	22,81 dólares
Total del tratamiento		<b>232,81 dólares /día</b>

**Fuente:** Guanoluisa, Karina 2015

**Realizado por:** Guanoluisa, Karina 2015

**Tabla 8 -1:** Ahorro del Tratamiento

Tratamiento actual			
Diario	Mensual	Anual	15 Años
560	16800	201600	3024000
Tratamiento propuesto			
327,19	9815,70	117788,40	1766826
Ahorro Económico del tratamiento			
232,81	6984,30	83811,60	1257174

**Fuente:** Guanoluisa, Karina 2015

**Realizado por:** Guanoluisa, Karina 2015

### 3.6.2 Costos de construcción del tanque

**Tabla 9 - 1:** Costos de tanque

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
<b>TANQUE DE RESERVA DE 12,628 m<sup>3</sup></b>				
<b>LOSA DE FONDO</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	12,72	3,21	40,83
EXCAVACION MANUAL	m3	19,08	6,50	124,02
EMPEDRADO BASE	m2	12,72	7,99	101,63
REPLANTILLO H.S. 180 kg/cm2 E=3cm	m3	0,38	105,00	40,07
HORMIGON SIMPLE f <sub>c</sub> =210 kg/cm2	m3	4,42	120,00	530,40
ACERO ESTRUCTURAL	kg	750,00	2,00	1.500,00
ENLUCIDO PISO 1:2 + IMPERMEABILIZANTE ESP-2cm	m2	12,72	6,24	79,37
<b>PAREDES</b>				
ACERO ESTRUCTURAL	kg	56,57	2,00	113,14
HORMIGON f <sub>c</sub> =210 kg/cm2	m3	6,08	120,00	729,60
ENCOFRADO RECTO	m2	56,17	18,00	1.011,06
CHAMPEADO MORTERO 1:2 ESPESOR - 2 CM	m2	86,40	8,65	747,36
ENLUCIDO INTERIOR + IMPERMEABILIZANTE	m2	49,17	16,50	811,31
PINTURA DE CEMENTO BLANCO	m2	51,35	6,43	330,18
<b>LOSA DE CUBIERTA</b>				
ACERO ESTRUCTURAL LOSA D=12mm	kg	51,17	2,00	102,34
HORMIGON LOSA f <sub>c</sub> = 210kg/cm2	m3	1,25	145,00	181,25
ENCOFRADO RECTO	m2	21,60	18,00	388,80
ACERO ESTRUCTURAL LOSA D=8mm	kg	43,89	2,00	87,78
MASILLADO VIGAS + LOSA 1:5	m2	20,70	14,33	296,63
PINTURA ANTISOL	m2	19,41	12,00	232,92
ACCESORIOS DESGUE SALIDA DESBORDE	glb	1,00	158,88	158,88
ACCESORIOS ENTRADA	glb	1,00	65,56	65,56
<b>CAMARAS DE VALVULAS</b>				
ENCOFRADO RECTO	m2	24,60	18,00	442,80
HORMIGON SIMPLE f <sub>c</sub> =210 kg/cm2	m3	1,64	120,00	196,80
ENLUCIDO EXTERIOR 1:5	m2	15,30	12,00	183,60
ACERO ESTRUCTURAL LOSA D=8mm	kg	13,21	2,00	26,42
				=====
			<b>TOTAL:</b>	<b>8.522,75</b>
SON : OCHO MIL QUINIENTOS VEINTE Y DOS, 75/100 DÓLARES AMERICANOS				

### 3.7 Análisis y discusión de resultados

El tratamiento actual de potabilización consta: aireación para eliminar hierro y disminuir coliformes, floculador donde se utiliza Policloruro de Aluminio, sedimentador, filtrador y por último la etapa de cloración que es mediante cloro gas hipoclorito de sodio.

Con la visita de campo a la vertiente del Carihuayrazo donde se realiza la captación del agua, se pudo observar que el caudal captado para la planta de tratamiento no es el óptimo ya que existe un desperdicio de agua. Actualmente la planta trabaja con 43 l/s, pero tiene una capacidad de funcionamiento para 80 l/s, con la recuperación del agua que se desperdicia desde la toma, la planta trabajaría con un caudal de 63 l/s.

Al realizar la caracterización física - química y microbiológica del agua de la vertiente del (Ver tabla 8-2, 1-3 y Gráfico 2-3, 3-3) podemos observar que existen 8 parámetros fuera de norma como: color, fosfatos, amonios, turbidez, hierro, coliformes totales y coliformes fecales. Los cuales fueron comparados considerando las normas INEN 1108: 2014.

Con la caracterización físico-químico y microbiológico del agua cruda en días lluviosos se puede comprobar que los parámetros como: Color, fosfatos, turbidez y coliformes totales (Ver tabla 9-2 y 2-3), se encuentran fuera de norma, la diferencia a los parámetros del agua de vertiente es que desde que inicia su captación hasta llegar a la planta de tratamientos atraviesa varios sedimentadores, por esto solo se presentan 4 parámetros fuera de limite, al contrario de los días soleados donde el único parámetro fuera de norma son los coliformes totales (Ver tabla 25-3). En el primer análisis microbiológico que se realizó (Ver tablas 10-2, 2-3 y Gráfico 3-4, 3-5) se constató la presencia de coliformes fecales, para evitar este problema inmediatamente la JAAPARY colocó una malla alrededor de la vertiente, evitando que entre el ganado y por ende se eliminó la presencia de coliformes fecales, como se observa en los resultados posteriores.

Para el agua tratada en días lluviosos siguen existiendo parámetros fuera de norma como la turbiedad y pH (Ver tablas 11-2, 3-3 y Gráfico 5-3), por tanto el tratamiento actual no es el adecuado, en cambio en días soleados el agua cruda ya viene en buenas condiciones, y al pasar por el tratamiento tiene mejores resultados, por tanto no se debería usar ningún tipo de químico en el tratamiento tan solo la cloración para mayor precaución.

Con las pruebas de tratabilidad usando sulfato de aluminio a diferentes volúmenes, se pudo observar que la turbiedad del agua de salida es mucho mayor que la de entrada, porque el sulfato de aluminio no actúa a turbiedades muy bajas como la de 6,19 y el agua no tiene turbiedades mayores a 7 en épocas de lluvia, por la presencia de sedimentadores, no permitiendo hacer floc por tanto el sulfato de aluminio no sirva para nuestros procesos. (Ver tablas 13-2, 14-2, 15-2). En cambio con policloruro de aluminio a diferentes volúmenes se obtuvo que con un volumen de 4 ml de PAC y 0,05 ml de elevador de pH, el agua tiene una turbiedad de 2,435 y un pH de 7,095 que indican están dentro de norma, por lo que esta dosificación es la más adecuada para la planta de tratamientos (Ver tabla 17-2, 18-2 y Gráfico 6-3), además se realizó una simulación de filtración y la turbiedad como el pH bajan aún más. (Ver tabla 19-2).

A realizar las pruebas de tratabilidad con PAC se pudo determinar que se necesita 75 Kg de PAC (1%) y 19 Kg de elevador de pH (10%) (Ver tabla 6-3), mejorando la calidad de agua y reduciendo costos (Ver tabla 7-3). Este proceso no solo se realizó a nivel de laboratorio sino también directamente en la planta de tratamiento, con la caracterización físico – químico y microbiológica del agua después del tratamiento propuesto (Ver tabla 20-2), se observa que todos los parámetro están dentro de la norma. INEN 1108: 2014.

A más de la caracterización del agua después del tratamiento, también se realizó la caracterización físico – químico y microbiológica (Ver tabla 21-2), en las diferentes zonas de la red de distribución de agua potable y se puede observar que no existe ningún parámetro fuera de norma.

Los cálculos de población futura se realizaron porque las redes de distribución se están ampliando, y en vista del problema anteriormente mencionado por el desperdicio de agua, se ve la necesidad de diseñar un nuevo tanque de almacenamiento de mayor capacidad para el agua cruda, con las dimensiones especificadas en la tabla 6-3.

Con la dosificación adecuada se reducen los costos de operación de la planta en un 58.42%, es decir de 560 dólares que actualmente se necesita a 327,19 dólares, este es el costo de químicos que se ocupa en la planta diariamente, y en un año el ahorro sería de 83811,60 dólares lo que resulta significativo para la PT.

## CONCLUSIONES

- Con el diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta de tratamientos de agua potable, se comprobó que existen parámetros fuera de norma, esto se debe a una inadecuada dosificación de policloruro de aluminio, también se evidencia que existe un desperdicio de agua desde su captación, por tanto se ve la necesidad de diseñar un tanque de almacenamiento para el agua de entrada a la planta, y de esta manera se podría aumentar el caudal de 43 l/s a 63 l/s.
- Se realizó la caracterización física-química y microbiológica del agua desde su captación hasta la red de distribución, donde se determina que el agua tratada en épocas de lluvia presenta dos parámetros fuera norma, el pH= 5,23 y la turbiedad= 5,77, y en días soleados todos los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles de las normas NTE INEN 1108.2014.
- Se realizó las pruebas de tratabilidad con sulfato de aluminio y se comprobó que el agua tratada con este coagulante presenta una turbiedad mayor al agua cruda de la planta, al tratar con Policloruro de Aluminio (75 Kg al 1%) más un Elevador de pH (19 Kg al 10% ) se determinó la dosificación adecuada, para que el pH y la turbiedad se encuentren dentro de los límites permisibles, con la dosificación correcta se optimizó el tratamiento y se minimizaron los costos resultando un mayor beneficio económico para la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco.
- Se realizó la caracterización física - química y microbiológica del agua tratada, luego de aplicar la dosificación correcta de PAC y elevador de pH directamente en la planta, y se comprobó que todos los parámetros se encuentran dentro de la norma.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar el tanque de almacenamiento que fue diseñado en este estudio para optimizar el caudal que se desperdicia actualmente en la fuente de captación.
- Contratar un técnico o tomar muestras de agua por lo menos una vez a la semana, para que realice las caracterizaciones físico – química y microbiológicas del agua tratada y verificar el cumplimiento de los parámetros de la norma INEN 1108: 2014.
- Con el técnico o una persona capacitada se deberá realizar las dosificaciones adecuadas de los químicos utilizados en la planta, en especial cuando tenemos días lluviosos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3a. ed, Bogotá – Colombia, Editorial Mc. Graw Hill., 2000., Pp., 1-7.
2. **BRIÉRE, F.**, Distribución de agua potable y colecta de desagües y de agua de lluvia., Montreal – Canadá, Editorial École Polytechnique., 2005., Pp., 1-6.
3. **ECUADOR. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).** Agua Potable. 5ª Revisión. Quito-Ecuador. INEN. 2014. Pp.1-4.
4. **EL AGUA** [En línea] (Consulta: 2015/09/08) Disponible en: <http://www.deciencias.net/proyectos/4particulares/>
5. **ROMERO, J.**, Calidad del Agua., s. ed, Bogotá – Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp., 100-204.
6. **ROMERO, J.**, Potabilización del Agua., 3a. ed, Bogotá – Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 1999., Pp., 11-21.
7. **NORDEL, E.**, Tratamiento de Agua para industria y otros usos., México., Compañía Editorial Continental., SA., Pp: 247- 472
8. **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.** Standard Methods For The Examination Of Water And Wasterwater ., 19a. ed, New York – Estados Unidos, s edt, 1995., Pp., 120 – 115.
9. **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION**, Calidad y Tratamiento del Agua., 5a. ed, Madrid – España, Editorial Mc. Graw Hill., 2000., Pp., 47-131.
10. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)**, Guías para la calidad del agua potable., 3a. ed, sl., Volumen I, 2006., Pp., 192-202.

## **ANEXOS**

## Anexo A. PRIMER ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

### ESPOCH

#### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guanoluiza Díaz

Fecha de análisis: 5 de marzo del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Tanque de almacenamiento

Localidad: Yanahurco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 032-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pr	< 5	18.00
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.21
Conductividad	$\mu$ Siemens/cm	< 1250	270
Turbiedad	UNT	1	5.2
Cloruros	mg/L	250	7.1
Dureza	mg/L	200	120.0
Calcio	mg/L	70	27.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	12.6
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	220.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	224.4
Sulfatos	mg/L	200	63.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.270
Nitritos	mg/L	0.01	0.014
Nitratos	mg/L	< 40	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.080
Fluoruros	mg/L	1.5	0.770
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.130
Sólidos Totales	mg/L	1000	276.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	143.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Valores de color, pH y turbidez fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez RESPOCH  
RESP. LAB. ANALISIS TECNICOS  
El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada





## Anexo B. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO AGUA VERTIENTE

### ESPOCH

#### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitud por: Victoria Karina Guanabusa Diaz

Fecha de análisis: 13 julio 2015

Tipo de muestra: Agua de vertiente      Caribuanayazo

Localidad: Yanahurco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 059-15

b

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	and Co/Pt	15	43,00
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.46
Conductividad	$\mu S/cm$	< 1250	136
Turbiedad	UNT	5	7.1
Cloruros	mg/L	250	17.0
Dureza	mg/L	200	88.0
Calcio	mg/L	70	28.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	3.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	100.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	102.0
Aluminio	mg/L	0.2	0.030
Sulfatos	mg/L	200	36.0
Amoníaco	mg/L	< 0.50	0.240
Nitratos	mg/L	3	0.070
Nitritos	mg/L	50	0.60
Hierro	mg/L	0.30	0.590
Fluoruros	mg/L	1.5	0.470
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.720
Sólidos Totales	mg/L	1000	298.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	72.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de turbiedad, color, hierro y fosfatos están fuera de norma  
Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANALISIS TECNICOS



## Anexo C. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL AGUA CRUDA

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

### FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guanaluiza Diaz

Fecha de análisis: 4 de junio del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico, Agua cruda

Localidad: Yanahurco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 056-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	37.00
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.42
Conductividad	$\mu$ Siemens/cm	< 1250	188
Turbiedad	UNT	5	1.9
Cloruros	mg/L	250	7.1
Dureza	mg/L	200	36.0
Calcio	mg/L	70	11.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	10.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	10.2
Amonio	mg/L	0.2	0.034
Sulfatos	mg/L	200	53.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.010
Nitratos	mg/L	0.01	0.005
Nitratos	mg/L	< 40	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.070
Fluoruros	mg/L	1.5	0.500
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.980
Sólidos Totales	mg/L	1000	172.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	97.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANALISIS TÉCNICOS

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

### FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guamoluiza Diaz

Fecha de análisis: 2 de junio del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua cruda

Localidad: Yanaburco. Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 055-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pl	< 5	18.00
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.94
Conductividad	$\mu$ Siemens/cm	< 1250	160
Turbiedad	UNT	1	6.0
Cloruros	mg/L	250	7.8
Dureza	mg/L	200	72.0
Calcio	mg/L	70	9.6
Magnesio	mg/L	30 - 50	11.7
Aluminio	mg/L	0.2	0.025
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	80.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	81.6
Sulfatos	mg/L	200	58.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.010
Nitritos	mg/L	0.01	0.007
Nitratos	mg/L	< 40	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.300
Fluoruros	mg/L	1.5	<0.1
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.500
Sólidos Totales	mg/L	1000	120.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	84.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH, turbidez y fosfatos fuera de norma  
Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

## Anexo D. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO AGUA POTABLE TRATAMIENTO ACTUAL

### ESPOCH

#### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

#### FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guanoluisa Diaz

Fecha de análisis: 4 de junio del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico, Agua Tratada

Localidad: Yanahurco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 057-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	5.00
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.48
Conductividad	$\mu$ Siemens/cm	< 1250	227
Turbiedad	UNT	5	0.8
Cloruros	mg/L	250	7.1
Dureza	mg/L	200	36.0
Calcio	mg/L	70	11.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	10.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	10.2
Aluminio	mg/L	0.2	0.094
Sulfatos	mg/L	200	49.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.010
Nitratos	mg/L	0.01	0.003
Nitratos	mg/L	< 40	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.080
Fluoruros	mg/L	1.5	1.200
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.300
Sólidos Totales	mg/L	1000	140.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	122.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de pH fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Alvarez R.

RESP: LAB. ANALISIS TECNICOS

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guanaluiza Diaz

Fecha de análisis: 9 de junio del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico, Agua Tratada

Localidad: Yanahurco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 058-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	and Co/Pt	< 5	0.10
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.59
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	< 1250	171
Turbiedad	UNT	5	2.0
Cloruros	mg/L	250	17.0
Dureza	mg/L	200	68.0
Calcio	mg/L	70	16.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	6.8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	10.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	10.2
Aluminio	mg/L	0.2	0.096
Sulfatos	mg/L	200	98.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.060
Nitratos	mg/L	0.01	0.005
Nitritos	mg/L	< 40	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.090
Fluoruros	mg/L	1.5	0.220
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.300
Sólidos Totales	mg/L	1000	272.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	91.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores dentro de norma  
Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANALISIS TÉCNICOS

## Anexo E. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL AGUA POTABLE CON EL TRATAMIENTO PROPUESTO

### ESPOCH

#### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Victoria Karina Guamoluisa Diaz

Fecha de análisis: 22 de julio del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico, Agua Tratada dosificación propuesta

Localidad: Yumbuco, Cantón Mocha Prov. Tungurahua

Código: LAT 658-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	unf CoPt	15	4.00
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.01
Conductividad	µS/cm	< 1250	27
Turbiedad	UNT	5	1.3
Cloruros	mg/L	250	11.3
Dureza	mg/L	200	136.0
Calcio	mg/L	70	33.0
Magnesio	mg/L	20 - 50	13.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	10.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	10.2
Aluminio	mg/L	0.2	0.017
Sulfatos	mg/L	200	37.0
Arsenico	mg/L	< 0.50	0.000
Nitrato	mg/L	3	0.005
Nitrito	mg/L	50	0.01
Hierro	mg/L	0.30	0.100
Fluoruro	mg/L	1.5	0.220
Fosforo	mg/L	< 0.30	0.100
Sólidos Totales	mg/L	1000	252.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	108.0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores dentro de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LAB. ANALISIS TECNICOS



## Anexo F. PRIMER ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

**SAQMIC**  
Servicio Analítico Químico y Microbiológico  
de Aguas y Alimentos


**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA** **CÓDIGO 168-15**

<b>CLIENTE:</b> Victoria Karina Guzmán Díaz		
<b>DIRECCIÓN:</b> ESPOCH		<b>TELÉFONO:</b> 0995306786
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de sistema		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 05 de marzo de 2015		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 05 de marzo de 2015		
<b>EXAMEN FÍSICO</b>		
<b>COLOR:</b> Incoloro		
<b>OLOR:</b> Inoloro		
<b>ASPECTO:</b> Presencia de sólidos		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>
Coliformes totales UFC/mL	Filtración por membrana	56
Escherichia coli UFC/mL	Filtración por membrana	1
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 05 de marzo de 2015		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 09 de marzo de 2015		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		 <b>Dra. Fabiola Villa</b>

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.  
\*Las muestras son receptadas en laboratorio.

Desarrolla: Av. 11 de Noviembre y 5ª Vía Norte, C.C. de la Costa, Puerto Libertad, Pinar del Río.  
Contacto: 0809582274 - 099460857 - 032942023 - 032940090  
www.saqmich.com

## Anexo G. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA CRUDA



SAQMIC  
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos  
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 323-15

CLIENTE: Seta Karina Guzmán  
DIRECCIÓN: Belavista  
TELEFONO:  
TIPO DE MUESTRA: Agua de consumo, entrada  
FECHA DE RECEPCIÓN: 02 de junio del 2015  
FECHA DE MUESTREO: 02 de junio del 2015

EXAMEN FISICO  
COLOR: Incoloro  
OLOR: Incoloro  
ASPECTO: Libre de material extraño




PARAMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	—	205
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	190

NORMA INEN 1106:2011

OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS: 02 de junio del 2015  
FECHA DE ENTREGA: 06 de junio del 2015

RESPONSABLES:



Dra. Gina Álvarez R.

Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

Caricallán, Av. 11 de Noviembre y 18 de Agosto, C. Seto de la Nueva Piedad (Capón - Pado)  
Contacto: 0660502214 - 0664649217 - 0129427327 - 032900300




**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

**CÓDIGO 325-15**

<b>CUENTE:</b> Sra. Karina Guanoliuisa			
<b>DIRECCIÓN:</b> Belavista		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de consumo, entrada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 03 de junio del 2015			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 03 de junio del 2015			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
<b>COLOR:</b> Incoloro			
<b>OLOR:</b> Inoloro			
<b>ASPECTO:</b> Libre de material extraño			
PARAMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	---	300
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	Ausencia
<b>NORMA INEN 1103:2011</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 03 de junio del 2015			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 06 de junio del 2015			
<b>RESPONSABLES:</b>			
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		  <b>Dra. Fabiola Villa</b>	
<p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.</p>			



## Anexo H. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA POTABLE



**SAQMIC**  
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos  
en Agua y Alimentos

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

**CÓDIGO 324-15**

<b>CLIENTE:</b> Srta. Karina Guanoluisa			
<b>DIRECCIÓN:</b> Bellevista		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de consumo, salida			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 03 de junio del 2015			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 03 de junio del 2015			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
<b>COLOR:</b> Incoloro			
<b>OLOR:</b> Inoloro			
<b>ASPECTO:</b> Libre de material extraño			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	—	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	Ausencia
<b>NORMA INEN 1108:2011</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 02 de junio del 2015			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 05 de junio del 2015			
<b>RESPONSABLES:</b>			
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		 <b>Dra. Fabiola Villa</b>	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

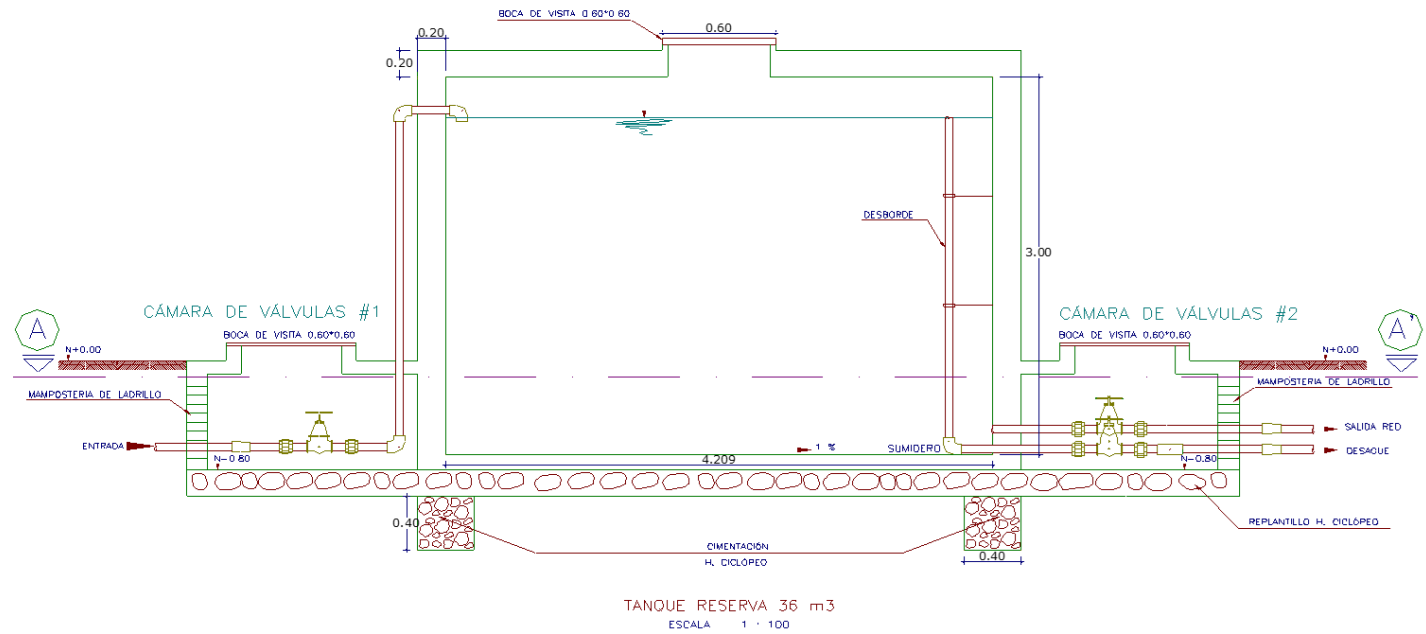
Dirección: Av. 11 de Noviembre y Miguel Alemán (Carretera a la Nueva Marina) Bogotá - Ecuador  
 Contacto: 0986590374 - 0984445177 - 00562322 - 007805903  
 Pídeselo - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

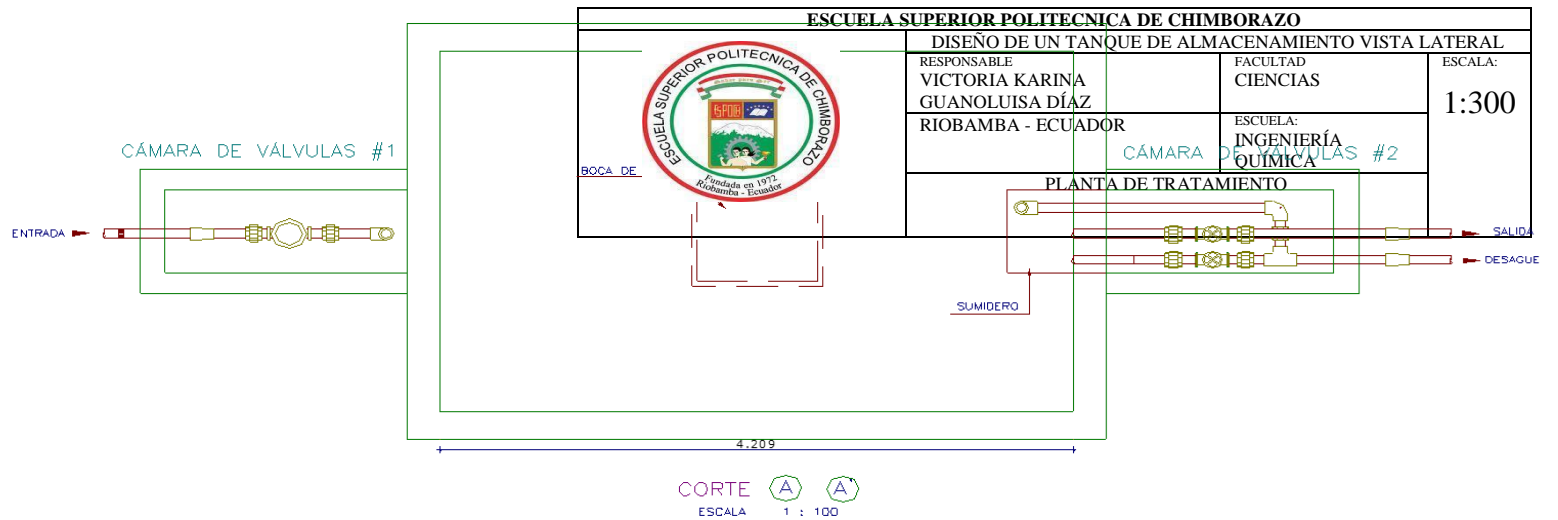
CÓDIGO 474-15

CLIENTE: Sra. Karina Guanoluisa			
DIRECCIÓN: Eucaliptos Altos		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Agua de consumo			
FECHA DE RECEPCIÓN: 17 de agosto del 2015			
FECHA DE MUESTREO: 17 de agosto del 2015			
EXAMEN FÍSICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Líquido de material extraño			
PARAMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	—	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	<1	Ausencia
NORMA INEN 1108:2011			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 17 de agosto del 2015			
FECHA DE ENTREGA: 19 de agosto del 2015			
RESPONSABLES:			
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		 <b>Dra. Fabiola Villa</b>	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

**Anexo I. TANQUE DE ALMACENAMIENTO**



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO			
	DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO VISTA FRONTAL		
	RESPONSABLE	FACULTAD	ESCALA:  1:300
	VICTORIA KARINA GUANOLUISA DÍAZ	CIENCIAS	
	RIOBAMBA - ECUADOR	ESCUELA: INGENIERÍA QUÍMICA	
PLANTA DE TRATAMIENTO			



**Anexo J. NORMA INEN 1108: 2014**



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 1108**

Quinta revisión  
2014-01

**AGUA POTABLE. REQUISITOS**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	----------------------------	---

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública. *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

## 4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 **Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 **Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 **Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 **ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

4.1.7 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 **Plaguicidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

**4.1.9 Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**4.1.10 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**4.1.11 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable.** El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

**4.1.13 Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

## 5. REQUISITOS

**5.1** Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberán acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

**5.2** El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual <sup>1</sup>	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α <sup>2</sup>	Bq/l	0,5
Radiación total β <sup>3</sup>	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

<sup>1</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

<sup>2</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Ra, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>Pu.

<sup>3</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>40</sup>Ca, <sup>40</sup>K, <sup>40</sup>Si, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu, <sup>138</sup>Hf, <sup>138</sup>Ta, <sup>138</sup>W, <sup>138</sup>Re, <sup>138</sup>Os, <sup>138</sup>Ir, <sup>138</sup>Pt, <sup>138</sup>Au, <sup>138</sup>Hg, <sup>138</sup>Tl, <sup>138</sup>Pb, <sup>138</sup>Bi, <sup>138</sup>At, <sup>138</sup>Rn, <sup>138</sup>Ac, <sup>138</sup>Th, <sup>138</sup>Pa, <sup>138</sup>U, <sup>138</sup>Np, <sup>138</sup>Pu, <sup>138</sup>Am, <sup>138</sup>Cm, <sup>138</sup>Bk, <sup>138</sup>Cf, <sup>138</sup>Es, <sup>138</sup>Fm, <sup>138</sup>Mn, <sup>138</sup>Fe, <sup>138</sup>Co, <sup>138</sup>Ni, <sup>138</sup>Cu, <sup>138</sup>Zn, <sup>138</sup>Ga, <sup>138</sup>Ge, <sup>138</sup>As, <sup>138</sup>Se, <sup>138</sup>Br, <sup>138</sup>Kr, <sup>138</sup>Xr, <sup>138</sup>Cs, <sup>138</sup>Ba, <sup>138</sup>La, <sup>138</sup>Ce, <sup>138</sup>Pr, <sup>138</sup>Nd, <sup>138</sup>Pm, <sup>138</sup>Sm, <sup>138</sup>Eu, <sup>138</sup>Gd, <sup>138</sup>Tb, <sup>138</sup>Dy, <sup>138</sup>Ho, <sup>138</sup>Er, <sup>138</sup>Tm, <sup>138</sup>Yb, <sup>138</sup>Lu,



TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2-dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epíclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2-Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrotetracético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-6-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrin	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxilatrazina	mg/l	0,2

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l Investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l Investigar:	mg/l	0,05
• Bromodiclorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

TABLA 6. Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

**APÉNDICE Y**  
(Informativo)

**Y.1** Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

**Tabla Y.1**

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

## APÉNDICE Z

### BIBLIOGRAFÍA

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1108 Quinta revisión	TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS	Código: ICS 13.060.20
ORIGINAL: Fecha de Iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de voluntaria por Resolución No. 11.135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30  Fecha de Iniciación del estudio: 2013-08	
Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30		

**Subcomité Técnico de:** AGUA POTABLE

Fecha de Iniciación: 2013-10-29

Fecha de aprobación: 2013-11-08

Integrantes del Subcomité:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Marcelo Carpio (Presidente)

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dra. Zolia Novillo  
Dr. Carlos Espinosa

SECRETARIA DEL AGUA  
EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Edgar Pazmiño

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Luis Cazar Ubilla  
Ing. María José Pineda  
Dra. Enith Bravo  
Ing. Andrea Cell

INTERAGUA  
MIPRO – SCA  
ARCSA  
MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO

Dr. Juan Mora  
Dra. Glomara Quijpe  
Ing. Natashia Valarezo  
Ing. Michelle Maldonado  
Ing. Gabriela Chacón  
Ing. Maritza Farinango  
Ing. María E. Dávalos (Secretaría técnica)

ARCSA  
ARCSA  
MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL  
INEN – NORMALIZACIÓN  
INEN – NORMALIZACIÓN  
INEN – NORMALIZACIÓN  
INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión), reemplaza a la NTE INEN 1108:2011 (Cuarta revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23

Por Resolución No. 13523 de 2013-12-18

**Anexo K. INGRESO DEL AGUA CRUDA A LA PLANTA DE TRATAMIENTOS**





## Anexo L. FOTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS

